Kortlægning af bioreaktivitet ved mikrobølger i nontermiske intensiteter

Kim Horsevad

RF-Fysik
Forskningsoversigt
Miljøkonsekvenser
Helbredspåvirkning
Eksponeringsreduktion
Anbefalinger

Kortlægning af bioreaktivitet ved mikrobølgestråling i non-termiske intensiteter
1. udgave / pre-print udgave pr 24. oktober 2015
© Kim Horsevad - 2015

Tryk: Saxo Publishing
ISBN: 9788740912418

Forfatterkontakt: www.horsevad.dk - www.rf-emf.org - kim@horsevad.dk

Kortlægning af bioreaktivitet ved mikrobølgestråling i non-termiske intensiteter

2015

Kim Horsevad

Indholdsfortegnelse

Forord....7
Indledning....9
Kapitel 1 - Elektromagnetiske felter og bølger....11
Det elektromagnetiske spektrum:....12
Grundlæggende RF-fysik:....15
Enhedskonvertering for RF-målinger:....19
Pulseringsforhold i mikrobølgebaseret kommunikation....20
Overvejelser ved måling af RF-EMF....25
Dokumentation af målinger....27
Hotspots, konstruktiv interferens og afstandskvadratloven....30
Kapitel 2 - Påvirkningsmekanismer....31
Overblik: Biokemisk interaktion med elektriske og magnetiske felter....32
Molekylær polaritet og dipolmoment i et elektomagnetisk felt....38
Makromolekylers foldning og strukturelle konformitet....41
Vridningsresonans i makromolekyler....46
Calcium efflux....49
Frie radikaler....52
Dielektriske virkninger på cellulært niveau:....63
HSP'ere, Fraktalantenner og elektronbaseret DNA-interaktion....65
Kapitel 3 - Genotoksiske virkninger....69
Celler, gener og DNA:....70
Genotoksiske virkninger ved mikrobølger:....72
Modulationsspecifikke genotoksiske virkninger....82
Celletype-specifikke virkninger....87
Kapitel 4 - Carcinogene virkninger....89
WHO kategoriserer mikrobølgestråling som et 2B carcinogen....90
Vigtige epidemiologiske resultater siden klassificeringen:....91
Mikrobølger og hjernekræft....99
Kapitel 5 - Virkninger på blod-hjerne-barrieren....101
Virkninger på blod-hjerne-membranen....102
Kapitel 6 - Fertilitetsskadende virkninger....107
Fertilitetsskadende virkninger af mikrobølgestråling....108
Kapitel 7 - Mastestudier....114
Mastestudier....115
Kapitel 8 - EHS....120
Elektromagnetisk Hyper Sensitivitet, EHS....121
Prevalens af EHS og EHS-relaterede symptomer....127
Endokrine og neurofysiologiske virkninger....130
EHS-relaterede resultater fra modelorganismer....133
Neurokognitionsmæssige virkninger....135
Neurodegenerative virkninger....137
Kapitel 9 - Helbredsvirkninger ved brug af WiFi....140
Helbredsvirkninger ved brug af WiFI....141

Kapitel 10 - Grænseværdier....144
Grænseværdier som begreb:....145
Problematisering af nuværende grænseværdier....147
Absorberet dosis, SAR....152
Eksponeringssituationer og forslag til biologiske grænseværdier:....155
Sikkerhedsafstande....158
Kapitel 11 - Den usunde Sundhedsstyrelse....163
Den usunde sundhedsstyrelse:....164
Den danske kohorte-undersøgelse....167
Kapitel 12 - Smartmeterproblemet....171
Kapitel 13 - Integritet, validitet og reliabilitet....177
Habilitetsproblemer og forskerintegritet....178
Konklusion og anbefalinger....181
Bioreaktivitet for elektromagnetiske felter - forskningstatus....182
Eksponeringsreduceringsanbefalinger fra Bioinitiative 2012....184
Eksponeringsreduceringsanbefalinger fra SBM2008....185
Perspektiver vedr eksponeringsreducerende tiltag....186
Interesseorganisationer og diskussionsforum....189
Tekniske udviklingsperspektiver:....190
Anvendt referencemateriale....192
Referencemateriale for kapitel 1: Elektromagnetiske felter og bølger:....193
Referencemateriale for kapitel 2: Påvirkningsmekanismer:....193
Referencemateriale for kapitel 3 - Genotoksiske virkninger....204
Referencemateriale for kapitel 4 - Carcinogene virkninger....208
Referencemateriale for kapitel 5 - Virkninger på blod-hjerne-barrieren....210
Referencemateriale for kapitel 6 - Fertilitetsskadende virkninger....211
Referencemateriale for kapitel 7 - Mastestuider....212
Referencemateriale for kapitel 8 - EHS....213
Referencemateriale for kapitel 9 - WiFi:....219
Referencemateriale for kapitel 10 - Grænseværdier....220
Referencemateriale for kapitel 11 - Den usunde Sundhedsstyrelse....221
Referencemateriale for kapitel 12: Smartmeterproblemet....223
Referencemateriale for kapitel 13 - Integritet, validitet og reliabilitet....223
Referencemateriale for Konklusion og Anbefalinger:....224

Illustrationsoversigt

Figur 1: Oversigt over frekvenstildeling for udvalgte trådløse kommunikationsteknologier i Danmark.....13
Figur 3: Fundamentale beregninger for elektromagnetisk stråling.....15
Figur 4: Tredimensionel struktur for en elektromagnetisk bølge i Far-field regionen.....15
Figur 5: Udregning af det elektriske felt ved Poynting-vektoren.....16
Figur 6: Det reaktive felts udstrækning.....16
Figur 7: Det radiative felts udstrækning.....17
Figur 8: Udregning af far-field.....17
Figur 9: Friis Transmission Formel.....17
Figur 10: Relation mellem det elektiske og magnetiske felt.....18
Figur 11: Omregningtabel for effekttæthed og elektrisk feltintensitet.....19
Figur 12: Ohms Lov og Effektloven.....21
Figur 13: Signalstrukturplot for en GSM-forbindelse.....22
Figur 14: Signalstrukturplot for en 4G (LTE) dataforbindelse.....24
Figur 15: WiFi Beacon:.....24
Figur 16: Strukturmodel for proteinpåvirkning og deraf følgende cancerrisiko.....45
Figur 17: Simplificeret afbildning af beregnet sammenklumpning af røde blodlegemer.....63
Figur 18: Roleaux-formationer efter udsættelse for mikrobølgestråler.....64
Figur 19: Skematisk oversigt over en eukaryot dyrecelle.....70
Figur 20: Skematisk oversigt over et udsnit af en DNA-streng.....70
Figur 21: Genotoxiske effekter af mikrobølgestråling.....73
Figur 22: Sammenhængen mellem eksponering og mængden af DNA-beskadigelse.....74
Figur 23: Overlevelsesrate for celler fra hamstere efter mikrobølgeeksponering i non-termiske intensiteter 76
Figur 24: Eksponeringstryk for udvalgte trådløse teknologier.....91
Figur 25: Kort introduktion til forståelse af Odds Ratio.....95
Figur 26: Kræftrisiko ved anvendelse af trådløse telefoner.....96
Figur 27: Statistisk sammenhæng mellem udbredelsen af FM-sendere og modermærkekræft.....97
Figur 28: Principskitse for blod-hjerne-barrieren.....102
Figur 29: Sammenhæng mellem mikrobølgeeksponering og kuldstørrelse.....110
Figur 30: Iltradikaler ved mikrobølgeeksponering.....112
Figur 31: Prevalens af forskellige symptomer hos personer eksponeret for mikrobølgestråling.....116
Figur 32: Prevalens af forskellige symptomer set i forhold til afstand fra mobilantenne.....117
Figur 33: Roleaux-formationer efter udsættelse for mikrobølgestråler.....121
Figur 34: Tachycardi ved udsættelse for mikrobølgestråler.....122
Figur 35: Rapporteret antal EHS-ramte i 2006 og efterfølgende ekstrapolering.....129
Figur 36: Forenklet konceptuelt overblik over beregning af SAR.....152
Figur 37: ICNIRP Referenceniveauer for offentlighedens eksponering.....155
Figur 38: Eksponeringsniveau ved typiske benyttelsessituationer.....155
Figur 39: Foreslåede grænseværdier med udgangspunkt i biologisk forskning.....156
Figur 43: Sammenhæng mellem finansiering og resultat.....178
Figur 44: Sammenhæng mellem finansieringsgrundlag og forskningsresultat.....178
Figur 45: Nøgleværdier fra anbefalingerne fra Bioinitiative 2012.....184
Figur 46: Eksponeringsværdier og deres mulighed for helbredspåvirkning efter SBM2008.....185

Forord

Af John Jalving, Speciallæge i Almen Medicin

Kim Horsevad er lærer og naturformidler med en entusiasme, der umiddelbart er medrivende.

Men han er også en forskerpersonlighed, der uimponeret lader sine elever udføre "karseforsøget", der på overbevisende måde demonstrerer mikrobølgers biologiske skadevirkninger.

Derfor bør hans aktuelle udgivelse tilegnes alle, - unge som ældre, - der som han, - har nysgerrigheden i behold.

Den foreliggende udgivelse har længe været savnet.

Det har den, fordi den ikke kun er en lærebog i non-termisk elektrobiologi og cellefysiologi med beskrivelse af celleskader.

Men den beskriver det manglende bindeled mellem den kendte elektrofysiologi og cellepatologien på den ene side, og de synlige biofysiologiske konsekvenser for os alle på den anden side.

Kim Horsevads bog er også et skriftligt bevis på, at vanskeligt tilgængelig viden på alle disse læringsfelter kan samles og formidles på en måde, der både henvender sig til en faglig personkreds, men også til en række læsere, der ønsker en forståelig forklaring på noget næsten uforståeligt.

Dette sker, når Kim Horsevad tager os med på rejsen fra Maxwell´s konstatering af, at lyset i sig selv er en elektromagnetisk bølge til den meget omfattende nyeste forskning, der epidemiologisk og eksperimentelt beskriver interaktionsmekanismen imellem elektromagnetiske felter og biologiske systemer.

Den moderne trådløse kommunikationsteknologiske position - og det skræmmende scenarie i forhold til folkesundheden - giver grobund for bekymring. Bogen giver håb om en større anerkendelse og forståelse for lidelsen Elektromagnetisk Hypersensibilitet (EHS- Syndrom) og for risikoen for kommende generations eventuelle funktionsnedsættelse og marginalisering i samfundet.

Derfor er Kim Horsevads bog en vigtig stemme i klima/miljødebatten, som ingen

sundhedsansvarlige bør sidde overhørig af hensyn til vores fælles fremtid med en teknologi, der giver stadig større udfordringer.

September 2015

John Jalving
Speciallæge i Almen Medicin
Lægefaglig rådgiver i EHS-Foreningen

Indledning

De senere års forskning har bragt et paragdimeskift i forståelsen af bioreaktiviteten for elektromagnetiske felter i non-termiske intensiteter.

Majoriteten af forskningen påviser således i dag bioreaktivitet ved non-termiske intensiteter af en vid række af frekvenser i det elektromagnetiske spektrum.

Fokus for nærværende kortlægning er de dele af det elektromagnetiske spektrum, der ligger mellem 300MHz og 300GHz - populært kaldet mikrobølger. Mikrobølgerne benyttes i mange former for moderne kommunikations- og underholdningselektronik, men har desværre også (lidt afhængig af moduleringsform og pulseringsform) en høj bioreaktivitet.

Kortlægningen er forsøgt præsenteret i en form, der er tilgængelig for lægmand; men samtidig er der medtaget detaljerede referencer, således at mere teknisk interesserede forventeligt vil kunne bruge kortlægningen som et overbliksmæssigt opslagsværk.

Afslutningsvis skal der lyde en stor tak til Speciallæge i Almen Medicin, John Jalving, for at have skrevet forord til bogen og for inspirerende samtaler gennem bogens tilblivelsesfase. Endvidere skal der lyde endnu en tak til John Jalving for indsigtsfuld og utrættelig hjælp til de mange EHS-ramte i Danmark.

Undertegnede kan i øvrigt kontaktes for foredrag, kurser, undervisning og workshops i bogens emneområde. Der kan fokuseres på både tekniske og biologiske perspektiver, med fuldt skalerbart niveau fra begynderintroduktion til dybdegående forskningsbaseret undervisning. Undervisningen kan foregå på dansk eller engelsk.

Kim Horsevad
Biologlærer, Cand. pæd.

(kim@horsevad.dk - 98956440 / 61330589)

Kapitel 1 - Elektromagnetiske felter og bølger

Elektromagnetiske felter og bølger

Det elektromagnetiske spektrum:

I størsteparten af menneskehedens historie har man kun kendt til en ganske smal del af det elektromagnetiske spektrum, nemlig det synlige lys mellem ~400nm og ~700nm. Udforskningen af de elektromagnetiske bølger startede med eksperimenter i antikkens Grækenland, hvor fænomener som reflektion og refraktion var genstand for begyndende udforskning.

Først i 1800 opdagede man, at det elektromagnetiske spektrum indeholdt mere end synligt lys. William Herschel undersøgte temperaturen på forskellige af lysets farver og opdagede derved, at det varmeste punkt var umiddelbart uden for den røde farve - og fandt det vi i dag betegner som infrarød stråling. Johan Ritter gjorde en tilsvarende opdagelse i den anden ende af det visuelle spektrum, hvorved han påviste de ultraviolette stråler.

På daværende tidspunkt blev lyset dog ikke koblet til elektromagnetiske fænomener - først i 1845 opdagede Michael Faraday, at magnetiske felter kan påvirke lysets polarisering (faraday-effekten), og herefter gik der ikke lang tid, før James Maxwell i 1865 offentliggjorde sine berømte fire grundligninger for det elektromagnetiske felt. Ligningerne gav basis for, at Maxwell konkluderede, at lyset i sig selv er en elektromagnetisk bølge.

I et forsøg på at bevise Maxwells ligninger byggede Heinrich Hertz i 1886 et apparat til at udsende og opfange elektromagnetiske bølger i det spektrum, vi i dag forstår som radiobølger. Han påviste, at disse bølger udbredte sig med lysets hastighed og lagde i sine eksperimenter grundlaget for senere opfindelser som radio, tv og lignende.

Den anden ende af spektret blev udvidet i 1895, da Wilhelm Röntgen opdagede elektromagnetiske stråler, der kunne trænge gennem mennesker. Hans oprindelige betegnelse for disse stråler var x-rays, hvilket stadig bruges i mange engelsktalende lande. Herhjemme kaldes strålingen ofte for Röntgen-stråler.

Udvidelsen af den energirige del af spektret blev fuldført i 1900, da Paul Villard opdagede stråler med langt større penetrationsevne end Röntgen-strålerne. Det var dog først i 1910, at William Henry Bragg kunne påvise, at disse stråler rent faktisk var en del af det elektromagnetiske spektrum - og det var først i 1914, at Ernest Rutherford og Edward Andrade målte gamma-strålernes bølgelænge og frekvens.

For den lavere del af det elektromagnetiske spektrum karakteriseres strålingen nemmest

ved dens frekvens. Frekvensen er et mål for hvor mange bølger, der passerer pr sekund, hvorfor frekvensen står i direkte forhold til bølgelængden. Frekvensen udtrykker samtidigt, hvor energirig strålingen er - desto højere frekvens desto højere energi findes der i hver enkelt lyspartikel (foton).

Mikrobølgerne, generelt forstået som området mellem 300 MHz (0,3 GHz) og 300 GHz, har ikke fotonenergi nok til at bryde molekylebindinger direkte, hvorfor strålingen ofte betegnes som ikke-ioniserende stråling. Som det beskrives senere, er bioreaktiviteten således medieret ved mere komplekse reaktioner.

I Danmark er anvendelsen af det radiofrekvente elektromagnetiske spektrum underlagt myndighedernes kontrol. Radiospektrummet er en knap ressource, hvorfor tilladelser til anvendelse af specifikke frekvensområder ofte indbringer staten betragtelige summer.

Forenklet oversigt frekvenser for trådløse kommunikationsteknolgier i Danmark:

Mobiltelefoner:
2G (GSM / EDGE): 900 MHz, 1800 MHz
3G (UTMS / WCDMA og HSPA+ /Turbo 3G): 900 MHz, 2100 MHz
4G (LTE / LTE+): 800 MHz, 1800 MHz, 2600 MHz

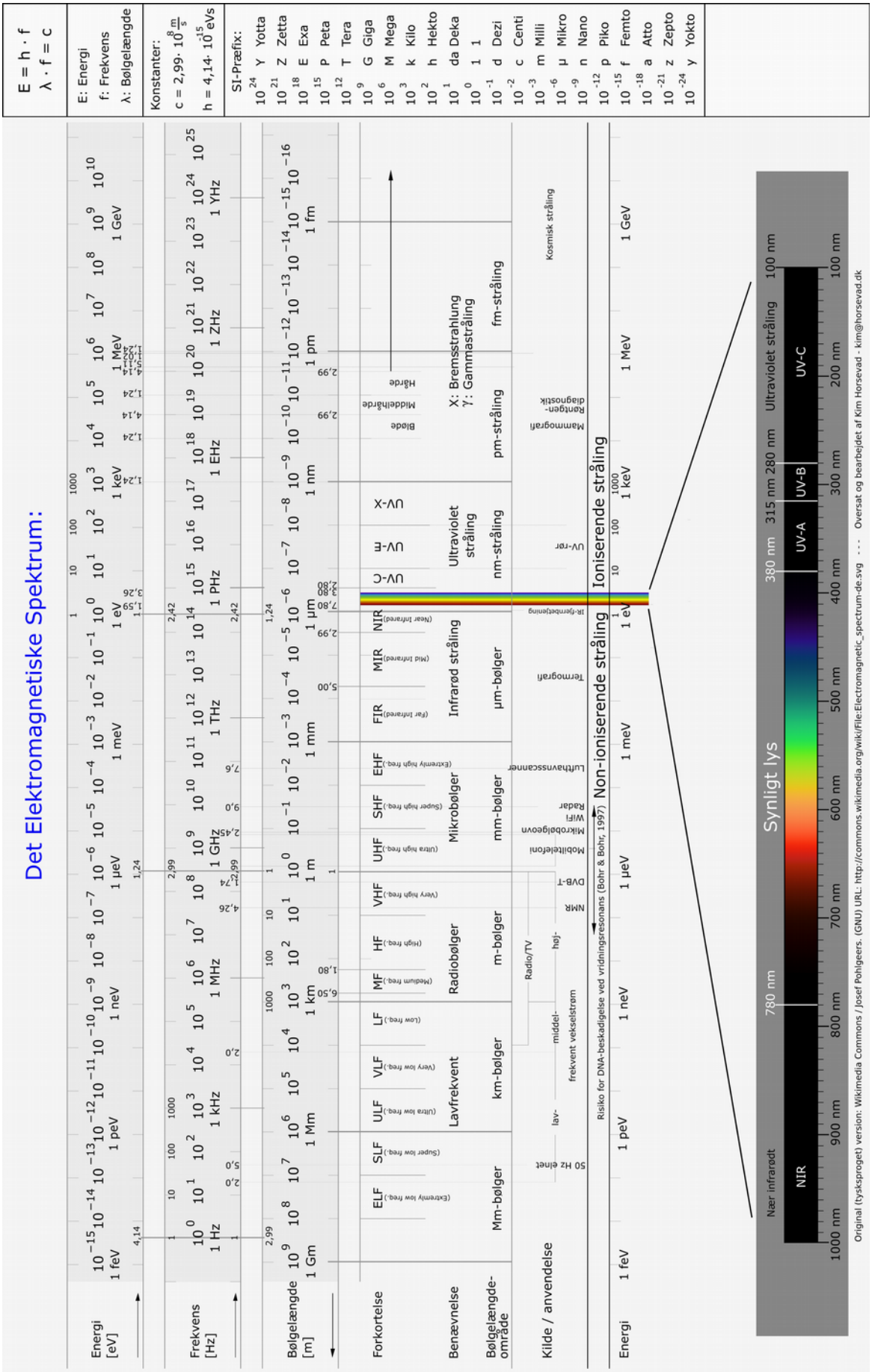
Trådløst bredbånd:
Net1.dk (CDMA, men overgår til LTE): 450 MHz

WiFi:
2,4 GHz og 5 GHz

TETRA:
380-399 MHz

DECT:
1880-1900 MHz

Figur 1: Oversigt over frekvenstildeling for udvalgte trådløse kommunikationsteknologier i Danmark.


Det Elektromagnetiske Spektrum:
E = h · f
λ · f = c
E: Energi
f: Frekvens
λ: Bølgelængde
Konstanter:
c = 2,99· 10^8 m/s
h = 4,14· 10^-15 eVs
SI-Præfix:
Energi [eV]
Frekvens [Hz]
Bølgelængde [m]
Forkortelse
Benævnelse
Bølgelængde-område
Kilde / anvendelse
Energi
Lavfrekvent
Radiobølger
Mikrobølger
Infrarød stråling
Ultraviolet stråling
X: Bremsstrahlung
γ: Gammastråling
Non-ioniserende stråling
Ioniserende stråling
Synligt lys
Nær infrarødt
Ultraviolet stråling
Original (tysksproget) version: Wikimedia Commons / Josef Pohlgeers. (GNU) URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-de.svg --- Oversat og bearbejdet af Kim Horsevad - kim@horsevad.dk

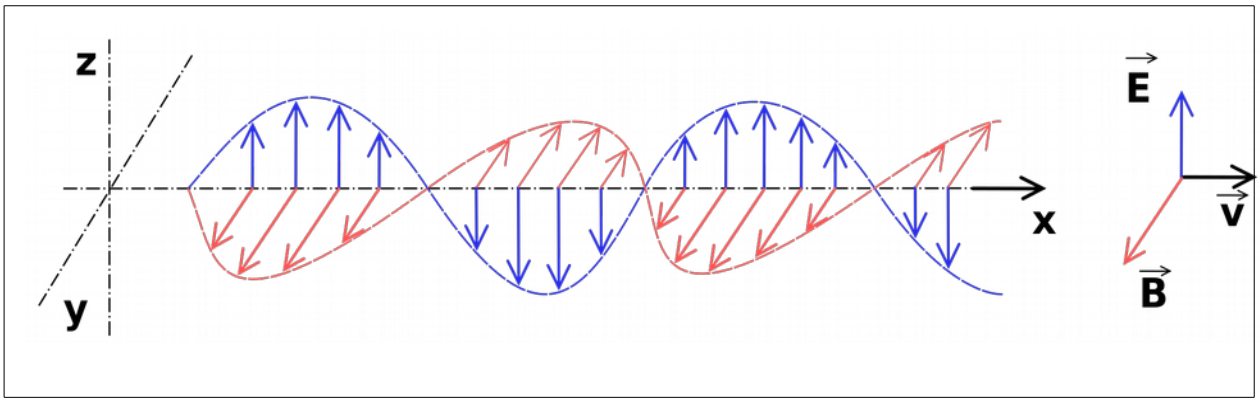
Grundlæggende RF-fysik:

Idet frekvensen for en elektromagnetisk bølge udtrykker, hvor mange bølger der passerer pr sekund, er både bølgelænge, frekvens og hastighed for den elektromagnetiske bølge således relateret. Samtidigt bestemmer frekvens (og dermed bølgelængde), hvor højt energiniveau den enkelte foton har:

$\nu = \frac{c}{\lambda}$; $\nu = \frac{E}{h}$; $E = h \cdot \nu$	Konstanter: c er lysets hastighed i vakum: c = 299,792,458 m/s h er Planck's konstant: h = $6.62606896(33) \times 10^{-34}$ J · s h = $4.13566733(10) \times 10^{-15}$ eV · s

Figur 3: Fundamentale beregninger for elektromagnetisk stråling. Frekvensen angives med ν, bølgelængden angives med λ og energien angives med E. Såfremt energien ønskes i eV angives Plancks konstant tilsvarende i eV · s, ønskes energien i stedet i Joule angives Planks konstant i J · s. Konstanter gengivet fra CODATA / Mohr et al, 2010

Elektromagnetiske bølger består - som navnet antyder - af både elektriske og magnetiske komponenter. De elektriske og magnetiske komponenter står vinkelret på hinanden - og begge står igen vinkelret på udbredelsesretningen. Grafisk kan det vises således:



Figur 4: Tredimensionel struktur for en elektromagnetisk bølge i Far-field regionen. X, Y, Z refererer til et traditionelt tre-dimensionelt koordinatsystem. $\vec{E}$ betegner den elektriske feltvektor og $\vec{B}$ betegner den magnetiske feltvektor. Udbredelsesretningen sker langs x-aksen, betegnet med ν , symbolet for frekvens. Illustration: Wikipedia / Emmanuel Boutet - GFDL

Et elektromagnetisk felt kan således anskues som produktet af to vektorer, nemlig den magnetiske feltvektor og den elektriske feltvektor, hvis interaktioner kan udregnes efter Maxwells ligninger. Det samlede elektromagnetiske felt benævnes ofte Poynting-vektoren efter ophavsmanden til udregningsmetoden, John Henry Poynting.

Poynting-vektor:	Hvor:
$S = \vec{E} \times \vec{H}$	S er Poynting-vektoren for det elektromagnetiske felt - målt i W/m^2 E er den elektriske feltvektor H er den magnetiske feltvektor

Figur 5: Udregning af det elektriske felt ved Poynting-vektoren. Vektoren udtrykker egentlig raten af energioverførsel pr arealenhed. Enheden er derfor watt pr kvadratmeter.

Effekttætheden giver altså et mål for, hvor megen energi det elektromagnetiske felt er i stand til at overføre pr arealenhed. Det engelske begreb er "Power Flux Density". Der måles altid i watt pr kvadratmeter som grundenhed.

Den viste kobling mellem det elektriske og det magnetiske felt gælder imidlertid kun i en vis afstand fra antennen - det såkaldte far-field. I far-field regenererer de to felter kontinuerligt hinanden og kan således anses for sammenkoblede til een elektromagnetisk bølge. I near-field, altså området tæt på antennen, gælder samme kobling ikke mellem det elektriske og det magnetiske felt. Her kan et af felterne dominere det andet, og samtidigt kan der opstå kapacitive koblinger mellem senderen og et modtagende objekt i near field.

I near-field er det elektriske og det magnetiske felt ikke koblet i samme grad som i far-field. Herudover kan der opstå interessante tilbagekoblingssituationer, idet en absorption af energi i near-field direkte påvirker belastningen på senderen. Ved modtagelse af radiosignaler i far-field påvirkes belastninge på senderen derimod ikke ved modtagelse af signalet.

Near-field deles i øvrigt ofte op i det reaktive felt og det radiative felt, hvor det reaktive felt er tættest på antennen. Ofte gives denne formel for det reaktive felts udstrækning:

$R < 0{,}62 \cdot \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$	

Figur 6: Det reaktive felts udstrækning. R betegner afstanden til antennen, D betegner den største lineære diameter på antennen. λ angiver bølgelængde. Formelgrundlag: Bevelacqua, 2014

I det reaktive felt findes en forskydning i bølgefaserne på 90° mellem det elektriske og magnetiske felt. Samtidigt kan felterne i nogen grad eksistere uafhængigt af hinanden, og/eller den ene felttype kan dominere den anden.

Efter det reaktive felt kommer det radiative felt, som beregnes således:

$$0{,}62 \cdot \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} < R < \frac{2D^2}{\lambda}$$

Figur 7: Det radiative felts udstrækning. R betegner afstanden til antennen, D betegner den største lineære diameter på antennen. λ angiver bølgelængde. Formelgrundlag: Bevelacqua, 2014

Afhængigt af den konkrete bølgelængde kan de radiative felt helt udelades i forhold til konkrete målinger. I det radiative felt overgår de to elektromagnetiske felter langsomt til den kobling, der findes i far-field.

I praksis siges far-field-regionen ofte at begynde mellem 2 og 10 bølgelængder fra antennen, men den kan udregnes med lidt større nøjagtighed. Den gældende antagelse er, at alle tre kriterier skal være opfyldte, for at man kan betegne regionen som far-field:

$$1: \; R > \frac{2D^2}{\lambda} \quad ; \quad 2: \; R \gg D \quad ; \quad 3: \; R \gg \lambda$$

Figur 8: Udregning af far-field. R betegner afstanden til antennen, D betegner den største lineære diameter på antennen. λ angiver bølgelængde. Formelgrundlag: Bevelacqua, 2014

Det bør bemærkes, at der ikke er nogen distinkt overgang mellem de forskellige regioner - derfor kan man i forskellige sammenhænge benytte forskellige definitioner på de forskellige regioner.

I far-field gælder følgende sammenhæng (ofte benævnt Friis-formlen) mellem modtagen og afsendt effekt:

$P_r = \frac{P_t \cdot G_r \cdot G_t \cdot \lambda^2}{16 \cdot \pi^2 \cdot r^2}$	Hvor: P_r betegner modtaget effekt, målt i W P_t betegner afsendt effekt, målt i W G_r betegner gain (lineært ratio) for modtagende antenne G_t betegner gain (lineært ratio) for sendende antenne r betegner afstand fra sender til modtager, målt i meter

Figur 9: Friis Transmission Formel: Beregningsmæssig sammenhæng mellem modtagen og afsendt effekt. Bemærk at denne beregning kun er gældende i far-field, og kun er valid for ideelle situationer med line-of-sight mellem modtager og afsender i et frit rum. Formelgrundlag: Frenzel, 2012

I far-field er det elektriske felt og det magnetiske felt relateret til hinanden via impedansen i vakuum:

$P_d = \frac{E^2}{Z_0} = \frac{Z_0}{H^2}$	Hvor: Pd betegner effekttætheden, målt i W/m2 E betegner den elektriske feltintensitet, målt i V/m. H betegner det magnetiske felt, målt i A/m. Z_0: Impedans i vakuum = 120π = 377Ω

Figur 10: Relation mellem det elektiske og magnetiske felt: Formlen angiver sammenhængen mellem feltintensitet for det elektriske og magnetiske felt og effekttætheden. Beregningen er kun valid i far-field. Formelgrundlag: Balanis, 1997.

Fra et teknisk synspunkt vil det ofte ved måling af peak-niveauer være hensigtsmæssigt at måle intensiteten af elektriske felt (i V/m), idet denne måleenhed (i modsætning til effekttæthedsmåling i W/m^2) angiver en øjebliksmåling. Man skal imidlertid være opmærksom på, at måleværdier opgivet i V/m ikke i samme grad som effekttæthedsmålinger kan oversættes direkte til eksponering, idet eksempelvis 250 gange forøgelse af eksponering fra 0,01 mW/m^2 til 2,5mW/m^2 kun giver en eksponeringsforøgning på 16 gange, hvis værdierne omregnes til V/m (fra 61mV/m til 955mV/m).

I forhold til biologisk påvirkningspotentiale og eksponeringsopmåling er bevidsthed om forskellene mellem near-field og far-field ganske væsentlig, derved at stort set al eksponering fra mobiltelefoner og lignende bærbare mikrobølgesendere sker i near-field.

Enhedskonvertering for RF-målinger:

Elektrisk feltintensitet		Effekttæthed						Magnetisk feltintensitet		
V/m	mV/m	W/m2	mW/m2	uW/m2	W/cm2	mW/cm2	uW/cm2	A/m	mA/m	uA/m
0,00500	5,00	0,00000007	0,000066	0,07	0,00000000	0,00000001	0,00000663	0,000013	0,0133	13,26
0,00610	6,10	0,00000010	0,000099	0,10	0,00000000	0,00000001	0,00000987	0,000016	0,0162	16,18
0,01000	10,00	0,00000027	0,000265	0,27	0,00000000	0,00000003	0,00002653	0,000027	0,0265	26,53
0,01500	15,00	0,00000060	0,000597	0,60	0,00000000	0,00000006	0,00005968	0,000040	0,0398	39,79
0,02000	20,00	0,00000106	0,001061	1,06	0,00000000	0,00000011	0,00010610	0,000053	0,0531	53,05
0,02500	25,00	0,00000166	0,001658	1,66	0,00000000	0,00000017	0,00016578	0,000066	0,0663	66,31
0,03000	30,00	0,00000239	0,002387	2,39	0,00000000	0,00000024	0,00023873	0,000080	0,0796	79,58
0,03500	35,00	0,00000325	0,003249	3,25	0,00000000	0,00000032	0,00032493	0,000093	0,0928	92,84
0,04000	40,00	0,00000424	0,004244	4,24	0,00000000	0,00000042	0,00042440	0,000106	0,1061	106,10
0,04500	45,00	0,00000537	0,005371	5,37	0,00000000	0,00000054	0,00053714	0,000119	0,1194	119,36
0,05000	50,00	0,00000663	0,006631	6,63	0,00000000	0,00000066	0,00066313	0,000133	0,1326	132,63
0,05500	55,00	0,00000802	0,008024	8,02	0,00000000	0,00000080	0,00080239	0,000146	0,1459	145,89
0,06000	60,00	0,00000955	0,009549	9,55	0,00000000	0,00000095	0,00095491	0,000159	0,1592	159,15
0,06500	65,00	0,00001121	0,011207	11,21	0,00000000	0,00000112	0,00112069	0,000172	0,1724	172,41
0,07000	70,00	0,00001300	0,012997	13,00	0,00000000	0,00000130	0,00129973	0,000186	0,1857	185,68
0,07500	75,00	0,00001492	0,014920	14,92	0,00000000	0,00000149	0,00149204	0,000199	0,1989	198,94
0,08000	80,00	0,00001698	0,016976	16,98	0,00000000	0,00000170	0,00169761	0,000212	0,2122	212,20
0,08500	85,00	0,00001916	0,019164	19,16	0,00000000	0,00000192	0,00191645	0,000225	0,2255	225,46
0,09000	90,00	0,00002149	0,021485	21,49	0,00000000	0,00000215	0,00214854	0,000239	0,2387	238,73
0,09500	95,00	0,00002394	0,023939	23,94	0,00000000	0,00000239	0,00239390	0,000252	0,2520	251,99
0,10000	100,00	0,00002653	0,026525	26,53	0,00000000	0,00000265	0,00265252	0,000265	0,2653	265,25
0,10000	100,00	0,00002653	0,026525	26,53	0,00000000	0,00000265	0,00265252	0,000265	0,2653	265,25
0,15000	150,00	0,00005968	0,059682	59,68	0,00000001	0,00000597	0,00596817	0,000398	0,3979	397,88
0,20000	200,00	0,00010610	0,106101	106,10	0,00000001	0,00001061	0,01061008	0,000531	0,5305	530,50
0,25000	250,00	0,00016578	0,165782	165,78	0,00000002	0,00001658	0,01657825	0,000663	0,6631	663,13
0,30000	300,00	0,00023873	0,238727	238,73	0,00000002	0,00002387	0,02387268	0,000796	0,7958	795,76
0,35000	350,00	0,00032493	0,324934	324,93	0,00000003	0,00003249	0,03249337	0,000928	0,9284	928,38
0,40000	400,00	0,00042440	0,424403	424,40	0,00000004	0,00004244	0,04244032	0,001061	1,0610	1061,01
0,45000	450,00	0,00053714	0,537135	537,14	0,00000005	0,00005371	0,05371353	0,001194	1,1936	1193,63
0,50000	500,00	0,00066313	0,663130	663,13	0,00000007	0,00006631	0,06631300	0,001326	1,3263	1326,26
0,55000	550,00	0,00080239	0,802387	802,39	0,00000008	0,00008024	0,08023873	0,001459	1,4589	1458,89
0,60000	600,00	0,00095491	0,954907	954,91	0,00000010	0,00009549	0,09549072	0,001592	1,5915	1591,51
0,65000	650,00	0,00112069	1,120690	1120,69	0,00000011	0,00011207	0,11206897	0,001724	1,7241	1724,14
0,70000	700,00	0,00129973	1,299735	1299,73	0,00000013	0,00012997	0,12997347	0,001857	1,8568	1856,76
0,75000	750,00	0,00149204	1,492042	1492,04	0,00000015	0,00014920	0,14920424	0,001989	1,9894	1989,39
0,80000	800,00	0,00169761	1,697613	1697,61	0,00000017	0,00016976	0,16976127	0,002122	2,1220	2122,02
0,85000	850,00	0,00191645	1,916446	1916,45	0,00000019	0,00019164	0,19164456	0,002255	2,2546	2254,64
0,90000	900,00	0,00214854	2,148541	2148,54	0,00000021	0,00021485	0,21485411	0,002387	2,3873	2387,27
0,95000	950,00	0,00239390	2,393899	2393,90	0,00000024	0,00023939	0,23938992	0,002520	2,5199	2519,89
1,00000	1000,00	0,00265252	2,652520	2652,52	0,00000027	0,00026525	0,26525199	0,002653	2,6525	2652,52
1,00000	1000,00	0,00265252	2,652520	2652,52	0,00000027	0,00026525	0,26525199	0,002653	2,6525	2652,52
1,50000	1500,00	0,00596817	5,968170	5968,17	0,00000060	0,00059682	0,59681698	0,003979	3,9788	3978,78
2,00000	2000,00	0,01061008	10,610080	10610,08	0,00000106	0,00106101	1,06100796	0,005305	5,3050	5305,04
2,50000	2500,00	0,01657825	16,578249	16578,25	0,00000166	0,00165782	1,65782493	0,006631	6,6313	6631,30
3,00000	3000,00	0,02387268	23,872679	23872,68	0,00000239	0,00238727	2,38726790	0,007958	7,9576	7957,56
3,50000	3500,00	0,03249337	32,493369	32493,37	0,00000325	0,00324934	3,24933687	0,009284	9,2838	9283,82
4,00000	4000,00	0,04244032	42,440318	42440,32	0,00000424	0,00424403	4,24403183	0,010610	10,6101	10610,08
4,50000	4500,00	0,05371353	53,713528	53713,53	0,00000537	0,00537135	5,37135279	0,011936	11,9363	11936,34
5,00000	5000,00	0,06631300	66,312997	66313,00	0,00000663	0,00663130	6,63129973	0,013263	13,2626	13262,60
5,50000	5500,00	0,08023873	80,238727	80238,73	0,00000802	0,00802387	8,02387268	0,014589	14,5889	14588,86
6,00000	6000,00	0,09549072	95,490716	95490,72	0,00000955	0,00954907	9,54907162	0,015915	15,9151	15915,12
6,50000	6500,00	0,11206897	112,068966	112068,97	0,00001121	0,01120690	11,20689655	0,017241	17,2414	17241,38
7,00000	7000,00	0,12997347	129,973475	129973,47	0,00001300	0,01299735	12,99734748	0,018568	18,5676	18567,64
7,50000	7500,00	0,14920424	149,204244	149204,24	0,00001492	0,01492042	14,92042440	0,019894	19,8939	19893,90
8,00000	8000,00	0,16976127	169,761273	169761,27	0,00001698	0,01697613	16,97612732	0,021220	21,2202	21220,16
8,50000	8500,00	0,19164456	191,644562	191644,56	0,00001916	0,01916446	19,16445623	0,022546	22,5464	22546,42
9,00000	9000,00	0,21485411	214,854111	214854,11	0,00002149	0,02148541	21,48541114	0,023873	23,8727	23872,68
9,50000	9500,00	0,23938992	239,389920	239389,92	0,00002394	0,02393899	23,93899204	0,025199	25,1989	25198,94
10,00000	10000,00	0,26525199	265,251989	265251,99	0,00002653	0,02652520	26,52519894	0,026525	26,5252	26525,20
15,00000	15000,00	0,59681698	596,816976	596816,98	0,00005968	0,05968170	59,68169761	0,039788	39,7878	39787,80
20,00000	20000,00	1,06100796	1061,007958	1061007,96	0,00010610	0,10610080	106,10079576	0,053050	53,0504	53050,40
25,00000	25000,00	1,65782493	1657,824934	1657824,93	0,00016578	0,16578249	165,78249337	0,066313	66,3130	66313,00
30,00000	30000,00	2,38726790	2387,267905	2387267,90	0,00023873	0,23872679	238,72679045	0,079576	79,5756	79575,60
35,00000	35000,00	3,24933687	3249,336870	3249336,87	0,00032493	0,32493369	324,93368700	0,092838	92,8382	92838,20
40,00000	40000,00	4,24403183	4244,031830	4244031,83	0,00042440	0,42440318	424,40318302	0,106101	106,1008	106100,80
45,00000	45000,00	5,37135279	5371,352785	5371352,79	0,00053714	0,53713528	537,13527851	0,119363	119,3634	119363,40
50,00000	50000,00	6,63129973	6631,299735	6631299,73	0,00066313	0,66312997	663,12997347	0,132626	132,6260	132625,99
55,00000	55000,00	8,02387268	8023,872679	8023872,68	0,00080239	0,80238727	802,38726790	0,145889	145,8886	145888,59
60,00000	60000,00	9,54907162	9549,071618	9549071,62	0,00095491	0,95490716	954,90716180	0,159151	159,1512	159151,19

Figur 11: Omregningtabel for effekttæthed og elektrisk feltintensitet. Ovenstående tabel er beregnet på grundlag af impedansen i vakuum. Omregningen forudsætter således kontinuerte signaler.

Pulseringsforhold i mikrobølgebaseret kommunikation:

Når man arbejder med bølger og bølgeformer, er det væsentligt at adskille de to former for målinger, nemlig hvor man måler bølgens højeste punkt (peak), og hvor man måler en slags gennemsnit af bølgen (RMS).

Effekttætheden er således i sit definitionsmæssige udgangspunkt både udregningsmæssigt og forståelsesmæssigt koblet til, hvor meget energi der overføres fra det elektromagnetiske felt til en genstand i feltet. Sådanne målinger svarer altså konceptuelt til RMS-værdien af det pågældende felt. Officielle målinger er baseret med gennemsnit af RMS over 6 minutter.

For visse af de pulserende mikrobølgestråler, der er relevante for nærværende emne, vil der være ganske stor forskel (omkring faktor 100 for DECT-enheder) mellem RMS-værdier og Peak-værdier. Det kan derfor i et vist omfang være problematisk at opgive målte værdier for Peak-målinger i enheder, der normalt referer til gennemsnitsmålinger af RMS-værdier, hvorfor det i forhold til målinger af Peak-værdier vil være mere velegnet at måle og opgive måleværdier i volt pr meter, hvilket tilkendegiver øjebliksmålinger af det elektriske felt.

Den almindelige måde at finde et gennemsnit for et givet antal tal er at lægge tallene sammen for derefter at dividere med antallet af tal. Man kan gøre noget lignende ved en bølgefunktion, hvor man udmåler arealet under kurven og dividerer med bredden af det pågældende kurveudsnit.

Denne måde at lave et gennemsnit af en kurve på er ikke særlig meget anvendt, selv om den godt kan give mening i visse tilfælde. En af grundene til, at denne metode ikke er særligt udbredt, er, at den giver et underligt resultat, når man anvender den på en AC-kurve, hvor halvdelen af kurven jo ligger under 0. Gennemsnittet for en sådan AC-kurve vil således give 0, hvilket måske nok er matematisk sandt, men ikke kan bruges til ret meget.

I stedet for en simpel gennemsnitsmåling anvender man derfor en måling kaldet RMS (Root-Mean-Square), som i matematisk henseende svarer til at udføre følgende procedure:

1: Tegn (eller beregn) en kurve, der er kvadratet på den første kurve. At kvadrere noget vil sige at sætte det i anden.

2: Dernæst udregn arealet under kurven og divider det med bredden af det ønskede kurveudsnit

3: Hvorefter man tager kvadratroden af det fremkomne tal

RMS er således igen relateret til arealet under kurven; men man kan med lige så god ret sige, at det er en form for udregning af standardafvigelsen af en række tal.

For en sinuskurve er RMS altid 0,707 gange amplituden (bølgehøjden).

RMS-værdien er i virkeligheden meget anvendelig i forhold til almindelige elektriske udregninger. Man kan således opfatte RMS-værdien af en AC-elektrisk spænding som den tilsvarende værdi, hvis et tilsvarende arbejde skulle udføres af en DC-spænding. Dette betyder (heldigvis, for ellers ville AC-udregninger blive langhårede), at når vi bruger RMS-værdien, kan vi meningsfyldt anvende de velkendte formler fra DC-verdenen til at udregne AC, nemlig:

Ohms Lov:	Hvor:
$U = R \cdot I$	U er spænding målt i volt R er resistans (modstand) målt i ohm I er strømstyrke målt i ampere
Effektloven:	P er effekt målt i watt
$P = U \cdot I$	

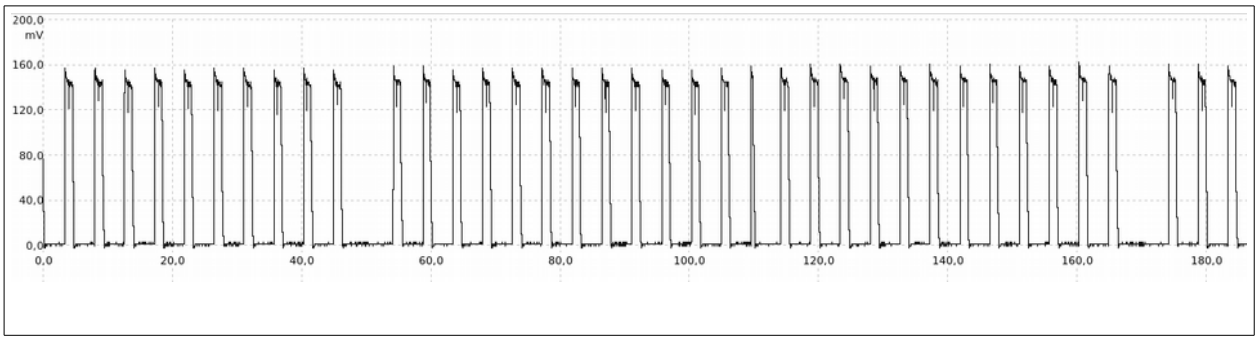
Figur 12: Ohms Lov og Effektloven: Ohms lov og Effektloven kan begge anvendes på AC-spænding når spændingen opgives som RMS.

RMS-værdien er således den værdi, der normalt opgives, når man omtaler AC-spænding. Eksempelvis vil vores normale 230 volt lysnet have en peak-værdi på omkring 320V. Man kan således umiddelbart se, at der er en vis forskel på de to målinger.

I forhold til biologisk påvirkningspotentiale er det altid peak-værdierne, der er interessante.

Forskellen mellem RMS og peak-målinger er een af grundene til, at personer med interesse for de non-termiske effekter af mikrobølgestråling meget sjældent finder støtte for deres synspunkter hos personer, hvis opfattelse af mikrobølgestråler udelukkende er baseret på RMS-værdier. Forholdet mellem peak og EMS ved non-sinusodiale kurver (som eksempelvis mobilstråling) kan nemlig blive yderst markant.

I figuren nedenfor findes et signalstrukturplot over strukturen i et GSM telefonopkald. Plottet er dannet ud fra et simpelt detektorkredsløb (baseret på en mikrobølgediode) koblet til et digitalt oscilloskop. Herved kan de enkelte pulser i transmissionen enkelt overskues:



Figur 13: Signalstrukturplot for en GSM-forbindelse. Pulsinterval 4,62ms, pulsvarighed: 0,57ms.

GSM er bygget op omkring en kombination af to forskellige måder at organisere radiotransmissioner på. Den ene af disse måder kaldes FDMA (frequency division multiple access), og den anden kaldes TDMA (time division multiple access).

Denne kombination er valgt for at give plads til så mange samtaler som muligt på så få radiofrekvenser som muligt, idet operatørene skal betale staten for adgang til frekvensbåndene.

FDMA-strukturen giver således mulighed for omkring hundrede samtidige kommunikationsbånd inden for det allokerede frekvensbånd. Der er omkring 200kHz mellemrum mellem de forskellige kommunikationsbånd.

For at give plads til endnu flere samtaler benyttes TDMA-strukturen oven på FDMA.

TDMA bryder hver kommunikationsbånd (GSM "multiframe" på 120 millisekunder) op i 8 tidsenheder, således at 8 mobiltelefoner samtidigt kan bruge samme kommunikationsbånd.

En konsekvens heraf er, at den enkelte mobiltelefon opererer med en transmissionscyklus på 1:8, således at den kun sender i en ottendedel af tiden, den er online.

Samtidigt vil en basestation i en mobilmast (ud over normalt at sende med højere effekt) også have en markant højere (8/8) transmissionscyklus end en mobiltelefon. Basestationen kan altså forventes at sende hele tiden.

På strukturplottet kan der, som tidligere nævnt, findes et grafisk overblik over, hvorledes en GSM-mobilsamtale kan foregå.

Disse pulseringsformer giver to distinkte ELF (Extremely Low Frequency) -komponenter i GSM-signalet, nemlig en på 8,33Hz, idet hvert 26. signalpuls udelades og en på 217Hz, idet telefonen sender hvert 4,6ms med varighed af 0,57ms. Sådanne ELF-komponentfrekvenser er sandsynligvis af stor væsentlighed i forbindelse med biologisk påvirkningspotentiale, hvilket beskrives nærmere i næste kapitel.

På strukturplottet er det umiddelbart indlysende, at der er stor forskel på signalets RMS-værdi og signalets peak-værdier. Det er RMS-værdien, der benyttes i alle offentlige målinger i forbindelse med tilladelser og grænseværdier. Det er samtidigt RMS-værdien, der opgives fra teleselskaber og producenter.

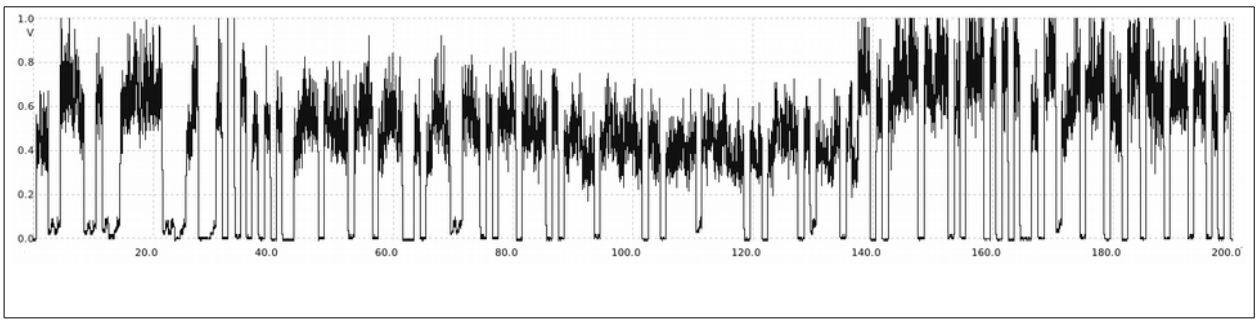
De enkelte bølgetoppe - peaks - er de væsentlige i forbindelse med biologisk påvirkningspotentiale. Som det umiddelbart ses af grafen, kan der være væsentlig forskel. Især på grund af den specielle dobbelte organisering af signaltransmissionen, der er grundlæggende i GSM, derved at den målte RMS-værdi bliver særdeles lav - på trods af at de enkelte signalpulser kan være betydelige.

Hvis man måler på batteriet i en telefon, trækkes der i visse tilfælde (telefonen justerer sendestyrke efter signalforhold) - lige i transmissionsøjeblikket - omkring 2 ampere. Det er ganske betydeligt i forhold til samlet batterikapacitet - og må et eller andet sted også være en udfordring for batteriproducenterne. Men det er altså også et tydeligt bevis på den særdeles kraftige forskel mellem de enkelte stadier i transmissionsstrukturen.

Mange andre trådløse produkter har lignende pulserende transmissionsstruktur, men ikke alle de pulserende strukturer er ens. Dette er væsentligt at være opmærksom på ved læsning af statistiske metaanalyser, hvor denne forskel kan optræde som confounder og skabe et ukendt strukturelt bias.

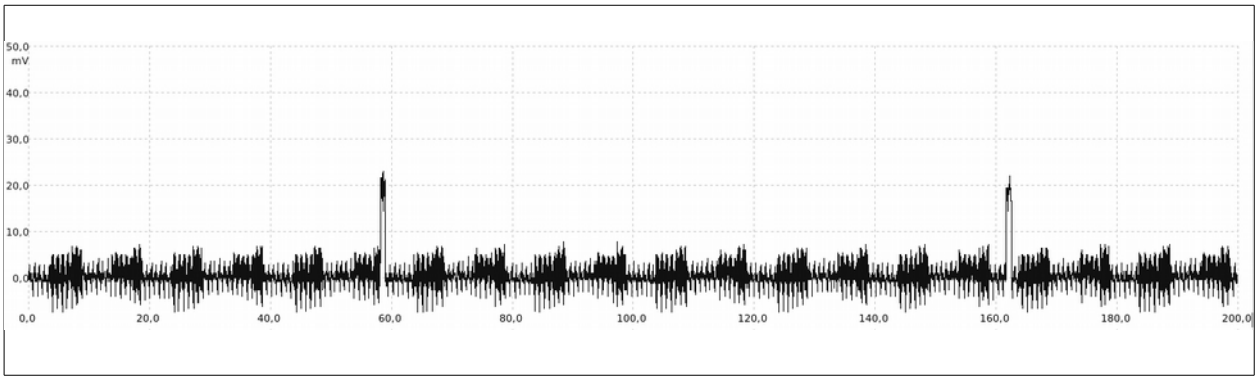
I den nyere 4G / LTE mobiltelefonteknologi benyttes fortsat pulserede mikrobølger som grundlag for den trådløse kommunikation. I uplink - altså transmissionen mellem telefon og antennemast - benyttes DFTS-OFDMA (discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiple access), hvorved der dannes et SC-FDMA (single carrier frequency division multiple access) signal, hvilket giver en væsentlig forskel mellem RMS og peak-værdier. Denne forskel er faktisk en fordel for mobilfabrikanterne, idet der herved dannes mulighed for flere transmissioner på samme batteriudnyttelse. I downlink - altså transmissionen mellem antennemast og telefon - benyttes OFDMA

(orthogonal frequency division multiple access). Begge link-systemer er MIMO - multiple in, multiple out.



Figur 14: Signalstrukturplot for en 4G (LTE) dataforbindelse. Målt for telefon med aktiv dataforbindelse.

Også andre velkendte trådløse teknologier – eksempelvis WiFi – benytter pulseret mikrobølgestråling som grundlag. Herudover har nogle teknologier en tomgangspuls, som sender uanset om den trådløse forbindelse udnyttes eller ej.



Figur 15: WiFi Beacon: Nogle trådløse teknologier transmitterer også i de perioder hvor teknologien ikke udnyttes. I signalstrukturplottet ovenfor findes et WiFi Beacon, som med 100ms interval sender dets ESSID med fuld sendestyrke. Der dannes herved en ELF-komponentfrekvens på 10Hz (idet pulsen sendes 10 gange i sekundet).

I forhold til biologisk påvirkningspotentiale for RF-EMF vil det hovedsageligt være peak-målinger, der er interessante, hvorimod mere teknisk betonede anvendelsesområder altid opgiver (og måler) intensitetsværdier i RMS. Samtidigt kan de ELF -komponenter, som pulsstrukturen danner i sig selv, være biologisk aktive. Dette er en af grundene til, at man ofte misforstår hinanden - og at mennesker uden egentlig teknisk indsigt i målemetoderne nemt kan have en tendens til at forkaste ideerne om biologisk påvirkningspotentiale, idet der, regnet i RMS-facon, kun måles en meget lille effekttæthed.

Overvejelser ved måling af RF-EMF:

Måleapparater:
I vores elektroniske tidsalder findes der mange forskellige måleapparater at vælge imellem. Nogle "kinamodeller" kan findes på Ebay til under 100 kr, andre mere professionelle måleapparater koster adskillige tusinde kroner. For at være sikker på at anskaffe sig et måleapparat, der passer til ens behov, er det derfor vigtigt at kunne afkode de forskellige tekniske specifikationer.

Følsomhedsområde:
I udvælgelsen af måleapparater må man allerførst gøre sig klart, at intet måleapparat kan måle alle former for radiostråling. De lavere frekvenser (som eksempelvis forekommer ved overharmoniske svingninger i elforsyningsnettet = "dirty electricity") måles bedst med måleapparater dertil. De højfrekvente felter, som for eksempel mikrobølgestråling fra mobilantenner, måles bedst med måleapparater specifikt beregnet hertil. I specifikationerne for måleapparatet vil det generelt være angivet, hvilket frekvensområde måleapparatet er beregnet for.

Antenner:
Et andet vigtigt element i udvælgelsen af måleapparater er måleapparatets antenne. En almindelig antenne på et RF-apparat beregnet til mikrobølgeområdet måler kun strålingen i een dimension. Er man interesseret i den samlede stråling i alle tre dimensioner, skal man altså tilte måleapparatet og foretage tre forskellige målinger. Denne målingskompleksitet kan undgås med en isotropisk antenne, som måler alle tre dimensioner samtidigt.

Peak:
Peak er højdepunktet på en kurve. Det er meget vigtigt, at et måleapparat beregnet for RF-stråling er i stand til at måle Peak-værdier. Oftest er apparatet udstyret med en Peak-Hold-funktion, således at displayet fastholder den højeste målte værdi. Peak-værdien for RF-stråling fra mobiltelefoner kan være i størrelsesordenen 100 gange højere end gennemsnitsværdien kaldet RMS. I visse områder vil man ved umiddelbar måling kunne registrere en forholdsvis lav værdi for mikrobølgestrålingen i området, mens man ved kontinuerlige målinger (apparatet indstillet til peak-måling) vil kunne måle meget høje enkeltstående værdier. For mennesker med EHS kan sådanne peaks være årsag til ganske betydelige helbredsvirkninger, på trods af at den tidsmæssige udstrækning af den enkelte transmissionspuls forventeligt kun skal måles i millisekunder.

I forhold til biologisk påvirkningspotentiale vil det være hensigtsmæssigt, at apparatet

kan måle over længere tid og samtidigt registrere peak-målinger. Et hurtigt survey af en lokalitet kan meget nemt give "falske" lave værdier, hvis man kun måler i kort tid. Mange af de trådløse teknologier er opbygget på særdeles puls-orienterede signaler, hvorfor det kan være væsentligt at foretage målinger over længere tid for at danne sig et overblik over, hvor tit der forekommer egentlige peaks.

RMS:
RMS er et slags gennemsnit for effekttætheden i et RF-felt. Det er almindeligvis RMS-effekten, der benyttes i forbindelse med officielle målinger og tilladelser. Det er altid RMS-effekten, der anvendes i forbindelse med effektmålinger. Det kan altså være ganske nyttigt med et apparat, der kan måle både RMS og Peak.

Frekvensresponskurve:
Alle måleapparater er kalibrerede til bestemte frekvens, hvorfor de kun er absolut nøjagtige for lige netop disse frekvenser. For at kunne anvende måleapparaterne bredere vil bedre modeller derfor være forsynet med en frekvensresponskurve, som er et udtryk for, hvilken korrektionsfaktor, der skal tilføres målingen, afhængigt af hvilken frekvens der måles. Visse måleapparater har denne korrektionsfaktor indbygget, andre måleapparater tillader, at den angives manuelt, mens andre måleapparater blot overlader korrektionen til brugeren.

En forholdsvis flad frekvensresponskurve vil være en fordel, idet dette betyder, at apparatet måler nogenlunde rigtigt over hele følsomhedsområdet.

Dokumentation af målinger:

Der kan være forskellige grunde til at foretage opmålinger af RF-felter. I visse henseender handler det om privatpersoner, som ønsker at kende strålingsniveauet i deres nærmiljø eller i deres arbejdsomgivelser. I andre henseender kan man være udsat for strålingsniveauer, der bør dokumenteres og indberettes til relevante myndigheder.

Målinger i nærmiljøet:
Eksempelvis kan man som interesseret borger relativt nemt anskaffe sig et prisbilligt apparat og gå i gang med sine målinger. De første målinger vil sandsynligvis være usystematiske, men behøver ikke at være værdiløse dermed. Alene de indledende målinger af strålingsniveau for de enkelte trådløse apparater kan være med til at give betydelig viden om de relativt høje strålingsniveauer, det moderne menneske omgiver sig med. Måleapparatet kan samtidigt anvendes til at forvisse sig om fraværet af specifikke strålingskilder, eksempelvis ved målinger ved enheder, hvor den trådløse kommunikation er slået fra.

I forhold til sådanne målinger vil der ikke være nogen større anledning til at fokusere på frekvensresponskurve og kalibrerede målinger. Måleapparatets værdier bliver kun anvendt til at måle op i mod andre værdier, som er målt med samme måleapparat. Den form for målinger kaldes relative målinger og er meget værdifulde i forbindelse med at etablere "før-og-efter" målinger, for eksempel efter man har udskiftet trådløse kommunikationsteknologier med trådede kommunikationsteknologier.

Målingerne bør udføres over længere tid - timer eller dage - således at man tilvejebringer en måleserie, der er i god overensstemmelse med den konkrete virkelighed. Et måleapparat der kan registrere "peak"-værdier er uvurderlig i denne sammenhæng - her kan man blot lade måleapparatet måle kontinuerligt over længere tidsrum (timer) og herefter aflæse niveauet af peak-værdien.

Målinger i forhold til afskærmning:
Der er personer, som reagerer allergisk på tilstedeværelsen af RF-felter. For sådanne personer vil det ligeledes være af stor hjælp at besidde et forholdsvis fintfølende apparat; men igen er der ingen tvingende grund til at investere i apparater med automatisk frekvensresponskorrektion og lignende finesser. Apparatet vil jo stadig blot blive brugt til relative målinger.

De relative målinger vil således også være yderst relevante i forbindelse med opsætning af afskærmningsmateriel, således at man kan forvisse sig om det valgte materiales

effektivitet og eventuelt udpege mangler i den valgte afskræmningsstrategi.

Dokumentationsegnede målinger:
I forhold til målinger, der udføres med det formål at tilvejebringe dokumentation for visse specifikt målte værdier i et specifikt område, vil det være fornuftigt at anvende et apparat, som er kalibreret (eventuelt med certifikat derpå), og som samtidigt har en kendt frekvensresponskurve (og eventuelt mulighed for at foretage automatiske korrektioner).

Visse af de meget dyre apparater har digitale udlæsningsmuligheder; men ufravigelig dokumentation kan også tilvejebringes ved simpel fotografering af måleapparatets udlæsning. Hvis dette gøres på en måde, hvor apparatets display er i fokus, mens baggrunden stadig er synlig, har man en ganske robust dokumentation for at en specifik målt værdi er opmålt på et specifikt sted.

Samtidigt er visse måleapparater udstyret med mulighed for digital datalogning (enkelte apparater registrerer endda eksponeringen specifikt for de enkelte frekvensområder), hvilket er en meget interessant funktion. Herved kan man foretage langtidsmålinger og danne sig et detaljeret overblik over eksponeringstrykket for en given lokalitet. Samtidigt har man enkel mulighed for at dokumentere tilstedeværelsen af peaks.

Målinger af Smart-Meters:
Smart-Meters opfattes af de fleste borgere som en teknologisk landvinding, hvor man ikke længere selv skal bruge tid på aflæsning og indberetning. Problemet er blot, at disse ofte er forsynet med indbyggede GSM-moduler, i stedet for at være tilkoblet et trådet kommunikationsnet. Specifikationerne til disse smart-meters angiver ofte en relativ sjælden kommunikation mellem smart-meter og aflæsningscentral, hvorimod man ved egentlig måling ved smart-meteret vil opdage, at der med ganske små mellemrum sendes netværksopdateringer mellem GSM-enheden og nærmeste antennemast.
Fotodokumentation heraf vil således ofte kunne påpege egentlige fejl i specifikationerne for enheden og vil derfor i visse tilfælde kunne hjælpe i processen med at få opsat alternative forbrugsmålingsteknologier.

Målingsmetodologi:
Ved næsten alle opmålinger vil det være fordelagtigt at fortage en indledende survey og derefter udarbejde en mere specifik metodologi i forhold til detailopmålinger på de lokationer, der blev udpeget som interessante i den indledende survey.

Hvis ens målinger har som formål at nedsætte strålingsniveauet i ens nærmiljø behøves ikke nogen yderligere udvikling af metodiske overvejelser, blot er det ganske fornuftigt

kun at variere een parameter ad gangen, således at man har mulighed for at danne sig et overblik over, hvilke ændringer der forårsager hvilke ændringer i strålingsniveauet. Tilsvarende ved opsætning af afskærmningsmateriel, hvor der i mellem hver kontrolmåling bør udføres så få ændringer som muligt. Derved kan man opnå ganske detaljeret kendskab til virkningen af de enkelte elementer i afskærmningen.

Hvis ens målinger derimod har til sigte at danne grundlag for en egentlig afrapportering, bør man overveje den metodologiske struktur ganske grundigt. Ingen kan forvente, at en lægmand kan lave afrapporteringer med videnskabelig grundighed; men man har som lægmand mulighed for at udføre og dokumentere målinger med tilstrækkelig nøjagtighed og robusthed, til at disse målinger burde være interessante som undersøgelsesfelter for egentlig videnskabelig forskning.

To vigtige begreber inden for det videnskabelige område er "validitet" og "reliabilitet".

Målingens reliabilitet er et udtryk for målingens grundighed og korrekthed, altså groft sagt om andre personer med andre måleapparater ville kunne måle tilsvarende værdier på de samme steder. Nogle hovedregler for at kunne præstere et højt niveau af reliabilitet i sine målinger vil være:
- Høj grad af grundighed i sine målinger
- Fast og velbeskrevet struktur for, hvorledes målingerne udføres
- Høj detaljerethedsgrad og transperancitet i beskrivelsen af målestrukturen

Målingens validitet har at gøre med, hvorvidt man rent faktisk måler det fænomen, man påstår at måle.

Hvis man eksempelvis er interesseret i at måle strålingen fra en nærliggende mobilmast, men holder måleapparatet tæt på den lomme, hvor man opbevarer sin egen mobiltelefon, vil måleresultatet vise den kombinerede stråling fra både antennemasten og ens egen mobiltelefon. Målingen vil derved ikke være valid, hvis personen angiver kun at have målt strålingen fra antennemasten.

Hotspots, konstruktiv interferens og afstandskvadratloven:

Et grundforhold i alt arbejde med elektromagnetiske felter er afstandskvadratloven, på engelsk kendt som "Inverse Square Law". Den siger ganske simpelt, at effekttætheden i et RF-felt aftager med kvadratet på afstanden. Med andre ord har afstanden rigtig stor betydning for effekttætheden.

Problemet er blot, at denne lovmæssighed ikke tager højde for lokale forhold, hvor tilbagekastningssituationer kan skabe lokale hotspots, hvor effekttætheden er højere end umiddelbart ud for antennen. Dette er er et resultat af specifikke reflektioner af radiobølgerne fra reflekterende overflader, hvor disse tilbagekastninger ved rene tilfældigheder kan have indbyrdes dimensioner, der giver anledning til konstruktiv interferens mellem de tilbagekastede radiobølger.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at sådanne hotspots ikke er i modstrid med afstandskvadratloven, men derimod en funktion af velkendte fysiske principper.

Især glatte overflader med indbyrdes vinkler på mellem 60 og 90 grader kan være årsager til hotspotfænomener. Det er derfor meget væsentligt at foretage nøjagtige og grundige opmålinger i sådanne områder. Bemærk at man i opmålingshenseende ikke bør forårsage skyggefænomener med sin egen krop, altså placere denne mellem sender og måleapparat.

Kapitel 2 - Påvirkningsmekanismer

Påvirkningsmekanismer

Overblik: Biokemisk interaktion med elektriske og magnetiske felter

En hastigt øgende vidensmængde om kvantelektrodynamiske virkninger på biokemiske strukturer på atomart og molekylært niveau åbner i dag mulighed for en langt dybere forståelse af interaktionsmuligheder mellem biologiske systemer og elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter end tidligere. De kvanteelektrodynamiske perspektiver i systembiologien kan vise sig at give anledning til lige så store erkendelsesmæssige spring i biologiske systemers natur som Københavnerfortolkningen gjorde i forhold til springet fra den klassiske fysiks determinisme.

Magnetfelter kan i meget høj grad gennemtrænge hele den menneskelige fysiologi, men idet de forholdsvis stærke dielektriske egenskaber ved de cellulære membraner forholdsvis effektivt blokerer elektriske felter fra at penetrere til cellens cytoplasma, er cellulære reaktioner på eksponeringen derfor medieret gennem initiering af signalkaskader fra cellens yderside (Markov, 2007).

Selv svage magnetfelters betydelige indflydelse på menneskekroppen er blandt andet dokumenteret ved statistisk signifikant forøget mængde af psykiatiske indlæggelser, epileptiske anfald og perioder med forhøjet geomagnetisk aktivitet (Friedman et al., 1963; Venkatraman, 1976; Rajaram and Mitra, 1981), ligesom det samtidigt er påvist, at perioder med formindsket geomagnetisk aktivitet påvirker mennesker med psykiske problemer (Kay, 2004), og at geomagnetiske ændringer kan korreleres til selvmordsraten hos kvinder (Berk et al., 2006). Samtidigt er det påvist, at skærmning fra jordens naturlige magnetfelt skaber væsentlige forstyrrelse i cirkadiske rytmer, samt at disse kan genskabes ved et artificielt felt på 10Hz (Wever, 1970).

Den klassiske biologis forståelse af biologiske organismer bliver tydeligvis udfordret, når der påvises signifikant indflydelse fra elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter adskillige størrelsesordener under kT-grænsen, idet man i klassisk henseende har opfattet påvirkninger, som energimæssigt har et mindre niveau end de "Brownske" bevægelser (molekylebevægelser pga varme), som insignifikante i forhold til biologisk påvirkningspotentiale. Man ved i dag, at denne opfattelse er problematisk, idet biologiske systemer har en langt højere kompleksitet, end der kan beskrives ved simpel termodynamik - ud over at de termodynamiske beskrivelser kun gælder for systemer i termisk equilibrium, hvilket ikke er tilfældet for levende systemer (Binhi and Rubin, 2007):

It is proved that the kT problem is misleading in its traditional wording; it cannot be an argument in favor of the idea that magnetobiological effects are not possible physically. Possible mechanisms of magnetobiological effects, which directly address the kT paradox, include: (i) stochastic nonlinear dynamics

of magnetosomes in biological tissues; (ii) interference of the angular modes of long-living molecular states; (iii) radical pair mechanism; and (iv) proton-exchange mechanism related to the metastable states of the proton subsystem in liquid water. The main principles that underlie these mechanisms are probabilistic character of magnetic effects and non equilibrium state of weak MF molecular targets. This unequivocally shows that biological effects of weak ELF magnetic fields are not at variance with physical laws and may be explained in terms of classical and quantum physics.

--- Binhi, V., Rubin, A., 2007, p60

Levende systemer er åbne systemer, og er således ikke nødvendigvis i ligevægt med deres omgivelser og kan derfor lokalt have systemer med mindsket entropi. Endelig er der resultater, der stiller tvivl ved selve validiteten af den klassiske kT-beregning for biologiske systemer, idet den ikke medtager den væsentlige reduktion (1-2 størrelsesordener) i kT-grænsen, der medieres af elektrisk ledningsevne i connexin-baserede forbindelseskanaler på cellulært niveau. (Pilla et al., 1992)

Den klassiske opfattelse ses derfor i dag vige for en mere moderne forståelse, inddragende resultater fra især elektrodynamik og kvanteelektrodynamik.

Een mulig påvirkningsmekanisme for magnetfelter langt under kT-grænsen er begrundet i Hall-effekten (via Lorentz-kræfter udøvet på de enkelte elektroner) og Larmor-præcessionen begrundet i (eksempelvis antropogene) varierende magnetfelter overlejret det naturlige (terragene) geomagnetiske felt, hvorved den præcederende bevægelse i Larmor-frekvensen moduleres af magnetfeltet, hvorved bindingskinetikken i pågældende molekylestruktur kan modificeres. Eksperimentelt kan man dokumentere signifikante vækstændringer allerede ved variende magnetfelter på 10-100nT, når disse overlejres et statisk magnetfelt i samme størrelsesorden som det geomagnetiske (Pazur et al., 2006, 2007).

Sådanne interaktioner kan foregå langt under de termiske grænser, som tidligere stipuleret af den "klassiske" biologi og biofysik, idet ganske svage magnetfelter herved har vidtrækkende påvirkningspotentiale på biokemiske systemer på det molekylærkemiske niveau. (Edmonds, 1993; Muehsam & Pilla, 1996; Pilla et al., 1999). Samtidigt bemærkes det, at denne forklaringsmodel giver en begrundelse for de observerede påvirkninger, samt en mekanistisk beskrivelse af hvorledes svage magnetfelter kan forårsage væsentlige biokemiske ændringer selv i situationer med termisk påvirkning, som energimæssigt er adskillige størrelsesordener højere (Pilla et al., 1997). Et endnu videre perspektiv er muligheden for, hvorvidt Larmor præcessionen ved svage magnetfelters påvirkning af vandmolekyler i videre grad kan modulere biologiske systemer gennem forårsagede ændringer i vandopløsningers molekylærkemiske forhold (Pilla, 2003). Enkelte eksperimentelle resultater synes at dokumentere sådanne ændringer (Berton et al., 1993; Lundager, 1995), hvoraf nogle har en varighed på

adskillige døgn efter magnetfeltseksponeringen er ophørt. Samtidigt er der påvist ændringer i vandmolekylers indbyrdes bindingsforhold og styrken af hydrogenbindinger ved magnetfeltseksponering (Zhou et al., 2000; Hosada et al., 2004) og registreret forhøjelse af vands smeltepunkt i stærke magnetfelter (Wang et al., 2007). Visse eksperimentelle (Grundler and Kaiser, 1992; Zhadin et al., 1999; Zhadin, 2000; Pazur, 2004; Belyaev, 2005; Lisi et al., 2006; Foletti et al., 2009) og teoretiske resultater (Preparata, 1995; Del Giudice et al., 2002; Zhadin & Giuliani, 2006) indikerer endda, at grundlæggende fysiske egenskaber for vand kan ændres afhængigt af den molekylærkemiske struktur, vandet indgår i, hvor vand omkring biomolekyler i visse tilfælde udviser kvantelektrodynamisk kohærens, hvilket mindsker den dæmpning, vandet ellers ville udøve på biomolekylers resonanssvingning forårsaget af exogene elektromagnetiske signaler. Tilsvarende strukturændringer i vand foreslås i anden forskning (Forrester et al., 2007), og den franske nobelprismodtager Luc Montagnier (som opdagede HIV-virusset) har publiceret forskning, der viser, at vandstrukturer kan ændres/påvirkes af DNA-molekyler, samt at sådanne vandstrukturer udsender elektromagnetiske signaler med relation til DNA-molekylets struktur (Montagnier, 2015). Hvis Montagniers resultater holder, vil store dele af nuværende kemisk forståelse skulle revideres; det skal dog bemærkes at Montagniers resultater pt (2015) ikke er uafhængigt replikeret; men der er resultater, der understøtter en forståelse af, at cellers delingsrate påvirkes af elektromagnetiske signaler fra andre celler (Rossi et al., 2011).

Idet store dele af kroppen er elektrisk ledende, vil både hele menneskekroppen - og dele deraf - i større eller mindre omfang kunne fungere som antenne for externe elektromagnetiske felter. I den forbindelse er det værd at være opmærksom på, at forbindelseskanalerne mellem de enkelte celler i princippet forøger den enkelte celles sensitivitet for udefrakommende elektromagnetiske felter, idet forbindelseskanalerne resulterer i en form for elektrisk forbindelse mellem de enkelte celler, således at det effektive modtageareal for de udefrakommende elektromagnetiske felter forøges væsentligt. Det bemærkes i denne forbindelse, at denne elektriske sammenkobling af celler, samt cellernes ofte elongerede struktur, bevirker væsentlige ændringer i cellens mulighed for at opfange externe elektromagnetiske signaler i forhold til de resultater, der fremkommer ved teoretiske beregninger på grundlag af elektrisk isolerede cirkulære cellemodeller. Forskningen indikerer i øvrigt en forbindelse mellem forbindelseskanalernes elektriske forbindelse mellem de enkelte celler og cellulær forstærkning af ekstracellulære elektromagnetiske signaler fra overfladen af cellen til cellens indre via calcium-ioner (Bawin et al., 1975; Bawin & Adey, 1976; Blackman et al., 1979, 1985).

Helt fra den tidlige begyndelse af den cellulære biologi har fænomenet galvanotaksi været kendt, hvorved et biologisk system retningspåvirkes af tilstedeværelsen af enten en anode eller en katode. I nyere forskning er det eksempelvis påvist, at nervecellers

udløbere viser vækst mod katoden. (McCaig et al, 2002).

Samme fænomen er påvist at have betydning ved cellulære reparationsprocesser - eksempelvis i hornhindeepitelet, hvor der findes et elektrisk potentialeforskel på 40-50mV (Reid et al., 2005). Ved beskadigelse af hornhindeepitelet kortsluttes det elektriske system, og der dannes en udadgående strøm med deraf følgende signaleffekter for cellerne involveret i reparationsprocessen. En meget definitiv påvisning af fænomenet publiceredes i Nature, hvor et forskerteam (Zhao et al., 2006) kunne ændre retningen af sårheling ved at ændre retningen af det exogene elektriske felt. Senere forskning har kortlagt specificeretheden af enkelte gener i forhold til elektrisk felt-induceret cellemigration, idet eksperimentel blokering af phosphatidylinositol-3-OH kinase fjerner den elektrisk felt-inducerede cellemigration (Levin, 2007), men allerede inden havde anden forskning påvist, at visse proteiner (phosphoinositide phosphatase) fungerer som direkte sensorer for elektriske felter (Murata et al., 2005).

Elektriske felter har således grundlæggende betydning som mediator og igangsætter af biologiske signalkaskader i mange former for både normale cellefysiologiske sammenhænge og patologiske processer som sårheling, angiogenese, svulstdannelse og dannelse af metastaser. (McCaig et al., 2005). Ved beskadigelse af biologiske strukturer som epiteler dannes eller ændres det elektriske felt, hvilket giver mulighed for, at signallering via elektriske felter er den tidsmæssigt førstkommende faktor for igangsættelse af cellemigrering i forhold til reparationsmekanismer (Nuccitelli, 2003; Ojingwa & Isseroff, 2003). Processen, hvormed exogene elektriske felter igangsætter intracellulære signalkaskader, er i hvert fald i nogen grad påvist at være medieret gennem $Ca2^{+}$-ioner (Sun et al., 2004). Det bemærkes, at det ved beskadigelse dannede endogene elektriske felt har en tidsmæssig udstrækning over flere timer og en spatial udstrækning på flere hundrede mikrometer, og at det elektriske felt forsvinder efter re-epitelisering (McCaig et al., 005).

Endvidere er der iagttaget spatial orientering af cytokinese i forhold til exogene elektriske felter (McCaig et al., 1999) og ændringer af spaltningsorientering i tidligt stadie i frø-æg ved eksponering for exogene magnetfelter begrundet i magnetfeltsændret orientering af mitotiske strukturer og deraf følgende omarrangering af centrosom-replikeringen og de tilhørende processer (Valles, 2002)

Exogene elektriske felter har samtidigt påvirkingspotentiale til at ændre cellens delingscyklus, idet felter på 2 V/m stopper cellens udviklingscyklus ved G1/S-fasen (Wang et al., 2003).

Elektriske felter i mindre størrelser har dog også mulighed for at igangsætte celledeling -

det er endda påvist, at elektriske felter kan igangsætte regenereringsprocesser i væv, der normalt ikke regenererer (Borgens, et al. 1989; Nuccitelli, 2003). Regeneration og dedifferentiering er af stor interesse, idet sådan regeneration involverer dedifferentiering af allerede differentierede celler i forbindelse med regenereringsprocessen (Becker, 2002; Stocum, 1997). De dedifferentierede celler er essentielt set stamceller, som herefter kan rediffentiere i forhold til gendannelse af det tabte væv. Samtidigt er det påvist, hvorledes endogene elektriske felter er ansvarlige for igangsættelse af dedifferentiering (Becker, 1961, 2002; Becker & Murray, 1970), og hvorledes svage elektriske felter kan influere på cellulære Ca2+ oscillationer og dermed initiere signalkaskader, der faciliterer hMSC (mesenkymale stamceller) til differentiering (Sun et al., 2007).

Ud over at celler, cellulære processer og molekylærkemiske forhold påvirkes af exogene og/eller endogene elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter, findes der samtidigt eksperimenter, der afdækker endogen fotonudsendelse fra cellulære processer. I en række tidlige eksperimenter påvistes det, at mitoseraten for rodceller fra løg påvirkes af, hvorvidt pågældende løgceller er placeret i umiddelbar nærhed af andre lignende rodceller. Påvirkningen fastholdes, når cellerne er kemisk isolerede fra hinanden; men ikke når cellerne er isolerede fra hinanden af almindelig glas. Ved benyttelse af beholdere af kvarts genfindes påvirkningen (Gurwitsch, 1923, 1924). Idet UV-lys kan trænge gennem kvarts, men ikke glas, gav eksperimentrækken anledning til en hypotese, hvor påvirkningen af mitoseraten medieredes af en form for elektromagnetisk stråling udsendt fra cellerne.

Senere påvistes ændringer i spektralkurver for det udsendte lys afhængig af fysiologiske ændringer i cellen (Gurwitsch & Gurwitsch, 1959). På samme tid havde teknologien gjort det muligt at registrere særdeles små mængder af lys, hvilket gav baggrund for opdagelsen af lysudsendelse fra spirende frø (Colli & Facchini, 1954; Colli et al., 1955).

I dag er forekomsten af lysudsendelse fra biologiske systemer et velgennemprøvet faktum; mens den biologiske signifikans deraf stadig debatteres. En øgende datamængde fra uafhængige eksperimenter antyder dog, at cellulært genereret fotonudsendelse (i forskellige frekvenser) formentlig har biologisk signifikans. (Cifra et al., 2011). Lysudsendelsen benævnes af nogle forskere som "biofotoner", mens andre foretrækker den lidt mere dennotative tekniske beskrivelse "Ultra Weak Photon Emission" - ofte forkortet UPE. Niveauet af UPE ligger sædvanligvis mellem nogle enkelte og flere tusinde fotoner pr kvadratcentimeter pr sekund, regnet med nulpunkt i den termiske støj. Niveauet af UPE hæves, når cellen udsættes for fysiologiske ændringer i forhold til eksempelvis termisk, mekanisk eller kemisk stress (Pohl et al., 1981; Slawinski, 1990, 2003), mens et kraftigt forhøjet niveau ofte iagttages umiddelbart, når en celle beskadiges irreversibelt (Slawinski, 2005). Endvidere er det påvist, at mønstre i UPE

kan korreleres til, hvilke mitotiske stadier cellen befinder sig i. (Konev et al., 1966; Quickenden & Que Hee, 1974, 1976; Quickenden & Tilbury, 1983, 1991).

Mekanismen for fotonudsendelse foreslås - i det omfang som ligger over niveauet for et sort legeme med samme temperatur - at være relateret til cellens mikrotubuli (Pokorný et al., 2008; Cifra et al., 2010), som kan have vibrationsresonans i områder rækkende fra få kHz til flere GHz (Sirenko et al., 1996; Wang et al., 2006; Wang & Zhang, 2008; Gu et al., 2009; Wang et al., 2009; Portet et al., 2005). Energitilførslen kan stamme fra mitochondrier langs mikrotubuli, idet mitochondrier (begundet i protongradienter) har en stærkt elektrisk felt på ca 100V/m (Tyner et al., 2007), og kan samtidigt stamme fra energitab ved ATP-produktion, idet denne proces kun har en energieffektivitet på ca 40%, og der i forvejen er registreret fotonudsendelse herfra i det infrarøde og visuelle spektrum (Hideg et al., 1991).

Fotonudsendelse fra celler er registreret i flere forskellige områder af det elektromagnetiske spektrum. Der er fundet signaler i området 7-80MHz (Jafary-Asl & Smith, 1983; Del Giudice et al., 1989) og i området 7-33kHz (Pohl & Pollock, 1986). Under mitose er der registreret signaler i MHz-området (Jelínek et al., 1999, 1996; Pokorný et al., 2001), men kun begrænsede signaler i GHz-området (Jelínek et al., 2002, 2005, 2007; Kucera, 2006).

I øvrigt er nuværende målingsteknologi primært orienteret mod far-field, hvorfor målinger af EMF/UPE fra celler i princippet ikke foretages i near-field, selv om de cellulære og molekylærbiologiske forhold, fotonemissionen eventuelt kan påvirke formentlig udelukkende findes i near-field afstand, hvilket er med til at vanskeliggøre forskningen i området, herved at feltet i near-field udviser kaotisk natur, hvorfor et forsøgssetup med reliable målinger med høj reproducerbarhed bliver særdeles komplekst i udformning.

Interaktionsmuligheder mellem biologiske systemer og elektriske, magnetiske og elektromagnetiske signaler og felter er således dokumenteret med høj sikkerhed i mange forskellige henseender; men den samlede forståelse mangler desværre endnu, og idet de forskellige interaktionsmuligheder er uhyre komplekse at udforske, vil det forventeligt vare årtier, inden en fuldstændig forståelse af biologiske og elektromagnetiske interaktionsmuligheder er inden for forskningsmæssig rækkevidde. Samtidigt er der dog på nuværende baggrund betydelig grund til forsigtighed i forhold til uhensigtsmæssige biologiske reaktioner som følge af exogene elektromagnetiske felter.

Molekylær polaritet og dipolmoment i et elektomagnetisk felt:

Som enhver kan huske fra grundskolens fysikundervisning består vand af en sammensætning af hydrogen (brint) og oxygen (ilt). Nærmere betegnet går der to hydrogen-atomer og et ilt-atom til et vandmolekyle.

Som det ligeledes erindres fra fysikundervisningen, er molekylerne elektrisk neutrale udadtil, idet elektronernes negative ladning opvejer protonernes positive ladning.

I grundskolens fysikundervisning når man sjældent længere end til denne ret primitive forståelse af molekylerne, men i forhold til elektromagnetisk interaktion med biologiske systemer er det væsentligt at introducere endnu et begreb, nemlig molekylernes polaritet.

Polariteten forårsages af en egenskab benævnt elektronegativitet, hvor elektronerne i et givet molekyle koncentreres om et eller flere atomer, hvorved der opstår ladningsforskelle over molekylets fysiske udstrækning.

Dette kan eksemplificeres ved et vandmolekyle, hvor hovedparten af elektronerne er koncentreret om ilt-atomet, som er henved 16 gange tungere end hydrogen-atomet. Herved opstår en polaritet, hvor den negative pol er koncentreret om ilt-atomet, og de to positive poler er koncentreret om de to hydrogen-atomer. Den polære struktur giver således anledning til, at vandmolekylet har et permanent dipolmoment.

Polære strukturer findes i mange kemiske strukturer og kan iagttages i mange hverdagsfænomener. Når man eksempelvis ikke umiddelbart kan blande vand og olie, skyldes det, at vandet er polært, mens olien er upolær.

For nogle af de større molekyler, der findes i biologien, kan polaritetsstrukturer være direkte komplekse. Eksempelvis har mange proteiner både upolære og polære elementer, men deres foldning betinger ofte, at de upolære elementer foldes inderst i molekylet, således at ydre, polære elementer giver en vis grad af opløselighed i vand.

Det er velkendt, at samme polaritet frastøder, mens forskellig polaritet tiltrækker. Det samme forhold gør sig gældende, når et polært molekyle udsættes for et elektromagnetisk felt, hvor molekylet, i den grad, pågældende materiales struktur tillader, orienteres efter det elektromagnetiske felt.

For vands vedkommende er mikrobølgespektret ganske passende til at forårsage

orienteringsændringer, hvilket kan iagttages i en almindelig mikrobølgeovn. Molekylebevægelser er som bekendt ensbetydende med temperatur, hvorfor en større mængde molekylebevægelse selvfølgelig også tilsvarer en temperaturforhøjelse. Ved højere frekvenser kan molekylet ikke nå at ændre orientering, og ved lavere frekvenser sker orienteringsændringen forholdsvis langsomt - i ingen af disse situationer produceres væsentlige mængder varme.

Selv ved eksponering for mikrobølgestråler i så lave intensiteter, at de ikke kan forårsage målbar opvarmning, vil der således stadig være et vist niveau af orienteringsændringer i polære molekyler. For fuldt ud at forstå, hvorledes sådanne orienteringsændringer kan påvirke biologiske strukturer, er det hensigtsmæssigt at erindre, at de frekvenser, der bruges i mikrobølgebaseret trådløs kommunikation, sædvanligvis ligger mellem 800MHz og 2400MHz. Som nævnt i foregående kapitel betyder disse tal altså, at amplituden i den elektromagnetiske bølge svinger fra positiv til negativ mellem 800 millioner og 2400 millioner gange i løbet af eet sekund. Vandmolekylerne, de polære proteiner, og øvrige polære organiske molekyler bringes altså i svingningsstruktur, hvor deres orientering potentielt ændres flere hundrede millioner gange i sekundet, hvilket selvfølgelig kan have ganske udtalte konsekvenser for de biologiske funktioner af pågældende molekyler.

Man kan i øvrigt selv - på ganske lavpraktisk måde - forvisse sig om, at vand påvirkes af elektromagnetiske felter. Hvis man lader vandhanen løbe - ganske stille - og derefter langsomt fører et elektrostatisk opladet materiale hen mod vandstrålen, vil man kunne iagttage en afbøjning, som - afhængig af vandstrålens tykkelse og den elektrostatiske opladning - kan andrage flere centimeter.

Et andet forhold, som har betydning i forbindelse med de elektromagnetiske felters påvirkning af biologiske systemer, er påvirkningen af hydrogenbindingerne, som er baseret på elektrostatiske vekselvirkninger mellem hydrogenatomer (elektropositive) og flour-, oxygen- og nitrogen-atomer (elektronegative).

Hvis vi fortsat bruger vand som eksempel, vil det umiddelbart kunne overskues, at vandmolekyler kan binde sig til hinanden i en given struktur, derved at hydrogen-atomet i eet molekyle har en positiv ladning, mens oxygen-molekylet i andet molekyle har en negativ ladning. Der opbygges således en struktur mellem de enkelte vandmolekyler, hvilket er ganske afgørende for mange af de reaktioner, vand indgår i.

Effekten af hydrogenbindingerne kan i øvrigt iagttages på ganske lavpraktisk måde, derved at vi alle kender, hvorledes overfladespændingen i vand tillader, at man fylder et glas vand til lidt op over kanten. Overfladespændingen er netop forårsaget af hydrogenbindingerne, altså bindinger mellem de forskellige vandmolekylers positive og

negative elementer.

Beregnet rent kemisk er vandmolekylet særdeles reaktionsvilligt, men tilstedeværelsen af hydrogenbindingerne formindsker denne reaktionsvillighed ganske betydeligt, hvilket har stor betydning i forbindelse med vands funktioner i biologiske systemer. Elektromagnetiske felter kan reducere hydrogenbindingerne, hvilket forøger vandets reaktionsvillighed betydeligt, men forholdet er muligvis endnu mere komplekst, derved at ændringen i hydrogenbindingerne muligvis er afhængig af feltets retning, således at hydrogenbindinger i feltets retning styrkes, mens hydrogenbindinger, der ligger ortogonalt mod feltet svækkes (Vegiri, 2004). Vegiris studier er dog foretaget på grundlag af forholdsvis høje elektriske felter, men et nyere forskningsresultat fra Estland (Hinrikus, et al., 2014) viser tilsvarende, at vands viskositet (og dermed diffusionsrate) kan påvirkes af svage mikrobølger. Studiets forfattere påpeger, at denne forholdsvis simple sammenhæng i høj grad kan være med til at forklare de skadevirkninger, der kan opstå ved eksponering for mikrobølger i non-termiske intensiteter:

Our experimental data demonstrated that microwave exposure makes faster the process of diffusion in water. The time required for reduction of initial resistance of the solution by 10% was 1.7 times shorter with microwave. This result is consistent with the proposed mechanism of low-level microwave effect: microwave radiation, rotating dipolar water molecules, causes high-frequency alterations of hydrogen bonds between water molecules, thereby affects its viscosity and makes faster diffusion.

--- Hinrikus, et al., 2014, p1

I et sindrigt udtænkt forsøg påviste et russisk forskerhold allerede for tyve år siden, hvorledes grundegenskaber for destilleret vand kan ændres ved eksponering for mikrobølgestråling (Fesenko, Evgenii; Gluvstein, Alexander Ya., 1995). Deres eksperiment var baseret på specielle kapacitorer med destilleret vand som dielektrisk medie. Ved mikrobølgebestråling af det anvendte vand ændredes effekttæthedsspektrummet for spændingsfluktionerne ved afladning af kapacitoren.

Ethvert elektrisk eller elektromagnetisk felt, som giver anledning til, at vandmolekylerne forsøger at re-orientere sig efter dette felt, vil således forårsage brydning af nogle af hydrogenbindingerne, hvilket påvirker vands reaktionsvillighed og opløsningsevnen. (Novikov & Fesenko, 2001, 2003)

I stor grad er stoftransporten på intracellulært niveau afhængig af diffusionsprocesser, hvorfor forholdsvis simple ændringer i diffusionsrate og reaktionsvillighed kan have systemiske virkninger. Påvirkningsmekanismen er således indirekte og non-termisk.

Makromolekylers foldning og strukturelle konformitet:

Vandmolekylet er ikke det eneste polære molekyle i kroppen - mange af proteinerne er foldet således, at deres polære elementer vender udad. Proteiner og andre makromolekyler påvirkes således også af forholdsvis svage mikrobølger, eksempelvis gennem ændringer i proteinkonformiteten begrundet i molekylets konstante re-orientering, idet mange af detaljerne i foldningen af makromolekyler er baseret på forskellige forholdsvis svage bindinger. Foldningsstrukturer er af afgørende vigtighed for proteiners funktion, specificiteten af enzymer og antistoffer og i forbindelse med den molekylære opbygning af biologiske membraner.

Samtidigt kan forskellige af makromolekylerne optræde i både en højrevendt og venstrevendt udgave, hvor der i øvrigt kan være betydelig forskel mellem de to versioner. Et hverdagseksempel på dette fænomen, som kaldes chiralitet, er lugtforskellen mellem citroner og appelsiner. Det er samme kemiske forbindelse, der frembringer duften i begge tilfælde, men dets chiralitet er forskellig.

Både strukturkonformitet og chiralitet kan ændres, når proteinet udsættes for elektromagnetiske felter, hvilket er påvist i en række forskellige forsøg - både specifikt i forhold til trådløst kommunikationsudstyr og i forhold til elektromagnetiske felter generelt:

Significant non-thermal field effects were noted in the coupling of rotational and translational motion; for instance, in microwave and far-infrared (MW/IR) e/m fields, marked increases in rotational and translational diffusion vis-à-vis the zero-field case took place at 0.025–0.1 V Å−1 rms, with a reduction in translational diffusion vis-à-vis the zero-field case above 0.1 V Å−1 rms above 100 GHz. This was due to enhanced direct coupling of rotational motion with the more intense e/m field at the ideal intrinsic rotational coupling frequency (approximately 700 GHz) leading to such rapidly oscillating rotational motion that extent of translational motion was effectively reduced.

--- English, et al., 2012, p094508-1

Påvirkningen af proteiner og makromolekyler kan dokumenteres med moderne forskningsapparatur, men forskningen i proteinstrukturer er dog forholdsvis ny, idet feltet er uhyre komplekst. Allerede i 2005 (Barteri, et al., 2005) påvistes det, at mikrobølgestrålingen fra en almindelig kommercielt tilgængelig mobiltelefon irreversibelt kan ændre proteinstrukturer. Barteri et al blev efterfølgende kritiseret for deres anvendelse af en almindelig mobiltelefon, idet eksponeringsmønstret kun meget vanskeligt kan kvantificeres præcist. Derudover var deres måleinstrument ikke specifikt kalibreret til mobilnetværkets frekvenser; men ingen af disse indvendinger ændrer dog på, at der blev iagttaget væsentlige og irreversible enzymændringer på baggrund af mikrobølgestrålingen fra en en normal kommercielt tilgængelig mobiltelefon:

This paper first demonstrates that cellular phone emissions affect the structural and biochemical characteristics of an important CNS enzyme. The EeAChE irradiation determined an irreversible monomerization of the protein accompanied by a significant change in the enzyme activity. (...) We would underline that these results were obtained by using a commercial cellular phone to reproduce the reality of the human exposition. Furthermore, this experimental procedure brought about unexpected effects collected practically without experimental errors because they were obtained comparing native and irradiated sample of the same enzyme solution. In these kinds of studies on the use of commercial phones as source of RF, the variability of the RF and intensity might be considered a limiting condition. However, commercial phones are indeed the most common RF sources in the human exposition in everyday life. In light of this, this paper was undertaken to study the effect of the overall phone emissions on a well defined biological target such as AChE.

--- Barteri, et al., 2005, p252-253

Der er senere dokumenteret lignende virkninger i mange forskellige forsøgssetup.

Proteiner kan være uhyre komplekse molekyler, hvor man først for nylig har fået tilstrækkeligt stærke computere til, at man kan modellere proteinernes tredimensionelle struktur med nogen eksakthed; men der er stadigt tale om enormt ressourcekrævende udregninger. I 2010 var en specialbygget supercomputer hos D.E. Shaw Research i USA for første gang i stand til at beregne proteinfoldning over et tidsrum på et millisekund. Tidligere computere har kun været i stand til at foretage beregninger, der strækker sig over tidsrum på mikrosekunder. Superomputerens beregninger af proteinfoldningen i et millisekund tog 100 dage. (Shaw, D.E. et al. 2010)

Processen er enormt kompleks, idet proteinerne typisk består af flere tusinde aminosyrer, hvor det enkelte protein i alt kan omfatte hundrede tusinder af atomer. Samtidigt er proteinerne ikke blot specifikke i forhold til kemisk sammensætning, men også i meget høj grad i forhold til foldning, strukturel konformitet og chiralitet.

Proteinfoldningen beskrives med fire forskellige strukturer rækkende fra den simple kædeopbygning af aminosyrer til den tredimensionelle struktur af et proteinkompleks. Hvorledes den præcise foldning foregår, er stadig genstand for intens udforskning, idet man først for nylig har fået tilstrækkelig computerkapacitet til at kunne udføre meningsfulde modelleringer af proteinstrukturer.

Proteinfoldningen er altafgørende for proteinets korrekte funktion. Som det kan ses i forbindelse med Bovin Spongiform Encephalitis (BSE) og Creutzfeldt-Jakobs Disease, (CJD) kan proteiner med defekt strukturel konformitet være livstruende.

Det antages (Anfinsens dogma: Anfinsen, 1973), at proteinfoldningen i udgangspunktet betinges af rækkefølgen af aminosyrer; men som eksemplet med prioner (BSE/CJD)

godtgør, findes der eksempler på proteiner, som kan antage flere forskellige stabile foldninger. Anfinsens dogma er endnu ikke endeligt eftervist eller falsificeret, men den uhyre kompleksitet i foldningen illustreres på glimrende vis i et tankeeksperiment ofte benævnt Levinthal's paradoks, idet Cyrus Levinthal (Levinthal, 1969) beregnede, hvor mange tænkelige kombinationer et enkelt proteins kemiske rækkefølge kan frembringe. For selv simple proteiner viste denne udregning, at en sekventiel afprøvning af foldningsmuligheder vil tage længere tid end universets forventede alder, før den korrekte foldning nås. På grundlag af denne beregning kan det umiddelbart vises, at proteinfoldningen foregår på basis af andre styrende stukturer end sekventiel afprøvning, idet proteinfoldningen af tilsvarende proteiner i virkeligheden sker over tidsskalaer, der måles i millisekunder eller mikrosekunder.

Der findes i kroppen forskellige molekyler, hvis formål det er at hjælpe proteinerne med at nå - eller opretholde - de rette foldninger. Disse molekyler er i sig selv proteiner og benævnes molekylære chaperoner eller Heat Shock Proteins (HSP), hvor chaparonerne normalt hjælper nydannede proteiner med foldningen, mens HSP'ernes funktioner er at bevare de korrekte foldninger i allerede dannede proteiner, når cellen udsættes for een eller anden stressfaktor.

Proteinet fastholdes i sin foldning af en vid række af forskellige (ret svage) bindinger mellem de forskellige dele af proteinets elementer. Sådanne bindinger omfatter, udover hydrogenbindinger, ionbindinger og svovlbroer, tilsvarende bindinger, hvor negative dele af et givet molekyleelement tiltrækkes af positive dele af et andet molekyleelement. Under et benævnes sådanne bindinger ofte Van der Waals kræfter, og de omfatter blandt andet:

- Londonbindinger/dispersionskræfter: Forholdsvis svage kemiske bindinger baseret på ikke-symmetrisk elektronfordeling i et atom eller et molekyle, hvorved den elektriske ladning forskydes, og molekylet får dipolkarakter og kan vekselvirke med andre dipoler.
- Keesom-kræfter: Bindinger mellem to permanente dipoler
- Debye-kræfter: Bindinger mellem en permanent dipol og en induceret dipol

Denaturering af et protein forekommer, når det mister sin strukturelle konformitet - altså foldes "ud" eller foldes "forkert". Denaturering er normal irreversibelt, men cellen forsøger at forhindre denne udfoldning via HSP'ere. Hvis man således kan måle forhøjet niveau af HSP eller forhøjet niveau af amyloid (som er "resterne" af fejlfoldede proteiner), efter en given celle er blevet eksponeret for mikrobølgestråling, er dette således et tegn på, at cellen er blevet udsat for en skadelig belastning. Amyloid er i

øvrigt blevet korreleret til mindst 20 forskellige sygdomme og neurodegenerative lidelser.

Formation af amyloid via konformitetsændringer i proteiner kan påvises allerede ved SAR-værdier på 0,020 W/kg , altså omkring 100 gange lavere end moderne mobiltelefoner:

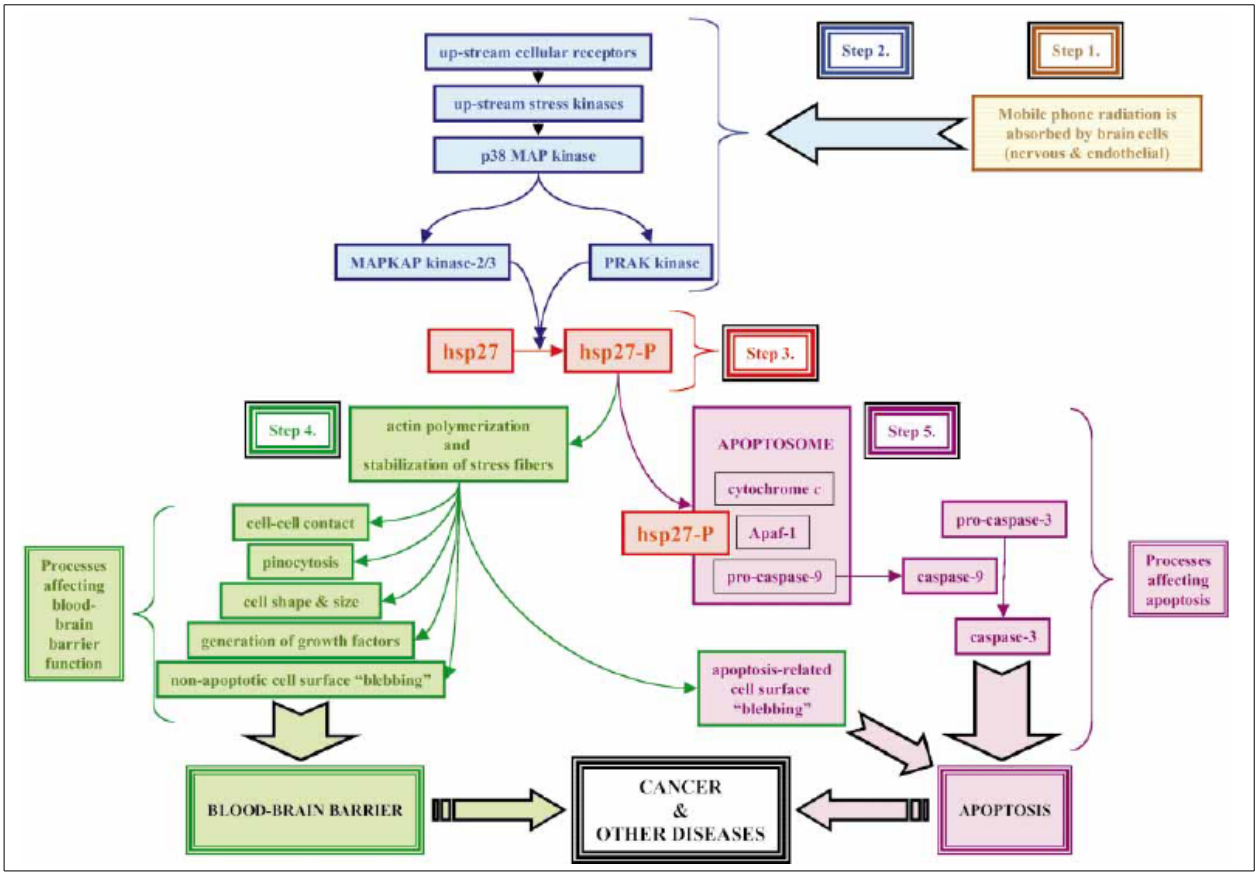
These alterations in protein conformation are not accompanied by measurable temperature changes, consistent with estimates from field modelling of the specific absorbed radiation (15-20 mW/kg).
--- de Pomeraia, 2003, p93

Cellens forsvarsmekanismer i form af HSP'ere kan også måles, og skadevirkningerne sættes allerede i år 2000 (French, 2000) i forbindelse med udvikling af kræftsygdomme.

I udgangspunktet har kroppen mulighed for at reparere ret mange skader; men kroppens systemer er ikke tilpasset til kronisk eksponering:

Upregulation of heat shock proteins (Hsps) is a normal defence response to a cellular stress. However, chronic expression of Hsps is known to induce or promote oncogenesis, metastasis and/or resistance to anticancer drugs. We propose that repeated exposure to mobile phone radiation acts as a repetitive stress leading to continuous expression of Hsps in exposed cells and tissues, which in turn affects their normal regulation, and cancer results. This hypothesis provides the possibility of a direct association between mobile phone use and cancer, and thus provides an important focus for future experimentation.
--- French, 2000, p93

Tilsvarende blev der allerede i 2002 dokumenteret aktivering af HSP'ere (Leszczynski, et al., 2002) i cellekultur efter een times eksponering for 900MHz GSM med en SAR på 2W/kg (svarende til mobiltelefon). I forbindelse med eksperimentet opstiller forfatterne følgende strukturmodel for de forskellige interagerende systemer, der påvirkes af mikrobølgestrålerne fra GSM-enheden:



Figur 16: Strukturmodel for proteinpåvirkning og deraf følgende cancerrisiko. Illustration: Leszczynski, et al., 2002, p127

Også i forbindelse med dette eksperiment betones det, at kronisk eksponering forøger risikoen:

Based on the known functions of hsp27, we put forward the hypothesis that mobile phone radiation-induced activation of hsp27 may (i) facilitate the development of brain cancer by inhibiting the cytochrome c/caspase-3 apoptotic pathway and (ii) cause an increase in bloodbrain barrier permeability through stabilization of endothelial cell stress fibers. We postulate that these events, when occurring repeatedly over a long period of time, might become a health hazard because of the possible accumulation of brain tissue damage. Furthermore, our hypothesis suggests that other brain damaging factors may co-participate in mobile phone radiation-induced effects.

--- Leszczynski, et al., 2002, p120

Vridningsresonans i makromolekyler:

Det fremføres ofte - som et argument for de trådløse kommunikationsteknologiers påståede ufarlighed - at mikrobølger ikke har energi nok til at bryde molekylebindinger.

Fotonenergien kan forholdsvis enkelt udregnes ved formlen:

$$E = h \cdot \nu$$

Hvor E er energien, h er Plack konstanten og ν er frekvensen.

Ved 900 MHz er fotonenergien $3{,}722 \times 10^{-6}$ eV
Ved 1800 MHz er fotonenergien $7{,}444 \times 10^{-6}$ eV
Ved 2400 MHz er fotonenergien $9{,}926 \times 10^{-6}$ eV

Idet der ved direkte interaktion kræves en fotonenergi på ca 1eV (Leszczynski, et al., 2002, p121) for at bryde molekylebindinger, gives en del af forklaringen på, hvorfor mange personer med teknisk baggrund er skeptiske overfor problemfeltet med bioreaktive aspekter af mikrobølgestrålingen.

Problemet er dog, at en så reduktionistisk forståelse ikke tager højde for den komplekse sammensætning af molekyler, bindinger og interaktioner, der findes i biokemiske sammenhænge. Først for nylig, med de eksperimentelle og beregningsmæssige fremskridt inden for systembiologi og kvanteelektrodynamik har man fået mulighed for at udforske nogle af disse sammenhænge.

Mikrobølgestrålingen kan ikke, i sig selv, bryde molekylebindinger; men som beskrevet i de to foregående afsnit er der en vid række af replicerede forskningsresulater, der viser væsentlige ændringer i vands viskositet og makromolekylers konformitet.

Tager man skridtet videre i retning af yderligere forståelse af den enorme kompleksitet, vores biologiske systemer og molekyler er baseret på, findes der en ganske interessant teoridannelse beregnet af Jakob og Henrik Bohr (Bohr & Bohr, 1997), hvor resonansforhold og vridninger af proteinstrukturerne beskrives som afgørende for proteinets foldning og strukturelle konformitet:

In this paper we suggest that the initiation of protein folding is a resonance phenomenon, and that protein folding takes place when the amplitude of the resonance mode exceeds a certain threshold. This mechanism for initiation of folding of polypeptide chains is justified for a general chain. Folded structures become stabilized by van der Waals forces, hydrogen bonds, disulphide bridges etc., and as we shall see in

some cases even by dynamic forces.

---Bohr, J., Bohr, H., Brunak, S., 1997a, p98

Teoridannelsen, som senere er eftervist eksperimentelt (Bohr, H., Bohr, J., 2000), godtgør derved, at et elektromagnetisk felt i mikrobølgeområdet kan have afgørende virkninger på makromolekylers konformitet og endda på deres strukturelle integritet:

At first it may seem surprising that the electromagnetic energy deposited in the polypeptide chain, can be concentrated and focused in such a way that the energy subsequently can be released by the breaking of a single bond. The topological wring modes described above can offer a possible explanation for this. Absorption of electromagnetic radiation, many quanta, can lead to an enhanced amplitude of a wring mode. The energy of this wring mode is distributed along the chain molecule. However, at some amplitude of the wring mode conformational changes of the polypeptide backbone may take place and eventually lead to breaking as the excess energy is being concentrated in a small part of the chain, see Fig. 1.

--- Bohr, J., Bohr H., 1997, p187

Virkningen af vridningsresonansens præsenteres i forskningsartiklen (Bohr, H., Brunak, S., Bohr, J., 1997b, p189) med beregning af, hvorledes vridningsresonansen kan koncentreres i eet punkt for derefter at lede til brud på molekylestrengen.

Det beregnes endvidere (Bohr, H., Brunak, S., Bohr, J., 1997b, p188), at resonansfrekvenserne for dobbeltstrenget DNA ligger mellem 10MHz og 10GHz, hvilket er sammenfaldende med det frekvensinterval, der hyppigst udnyttes til kommercielt tilgængelige trådløse kommunikationsløsninger (Bohr, H., Bohr, J., 2000, p71).

Resonansfrekvensen i et materiale tillader opbygning af større og større amplitude ved tilførsel af forholdsvis små energimængder. Et hverdagseksempel herpå kunne være et barn på en gynge. I det omfang mikrobølger således kan igangsætte resonanssvingninger i makromolekyler, vil der således kunne opsummeres tilstrækkelige energimængder til at ændre molekylet:

It is shown that the eigenfrequency of collective twist excitations in chain molecules can be in the megahertz and gigahertz range. Accordingly, resonance states can be obtained at specific frequencies, and phenomena that involve structural properties can take place. Chain molecules can alter their conformation and their ability to function, and a breaking of the chain can result. It is suggested that this phenomenon forms the basis for effects caused by the interaction of microwaves and biomolecules, e.g., microwave assisted hydrolysis of chain molecules.

--- Bohr, H., Brunak, S., Bohr, J., 1997b, p187

De beregnede teoretiske sammenhænge blev eftervist eksperimentelt i 2000:

To conclude, refolding experiments on B-lactoglobulin with applied microwave radiation show that there are non-thermal effects of microwave irradiation that can enhance the kinetics of the folding and

denaturation processes. The observed effects of microwaves on B-lactoglobulin were consistently reproducible in repeated experiments on both that protein and other globular proteins. The effects observed in this paper of being able to change the processes of folding and denaturation by external radiation and perhaps even steer the reactions could be promising for future applications in biotechnology, such as recombinant DNA techniques, and may help to further the development of understanding of the interaction of electromagnetic radiation with biological systems.

--- Bohr, H., Bohr, J., 2000a, p4314

Det bemærkes, at de beskrevne processer i både den teoretiske udregning og de eksperimentelle resultater i Bohr & Bohrs teoridannelse er dokumenteret non-termiske, dvs at reaktionerne ikke er relateret til skader, der fremkommer ved opvarmning. Samtidigt bør man dog være opmærksom på, at resultaterne ikke er etableret med udgangspunkt i trådløs kommunikationsteknologi, men generelt formuleret i forhold til RF-EMF i mikrobølgespektret. Vridningsresonansen bør således, i forbindelse med mikrobølgestråler fra trådløs kommunikationsteknologi, anses som endnu et i rækken af mulige problemfelter, der mangler yderligere udforskning, mens det samtidigt bemærkes, at de beskrevne mekanismer i forhold til vridningsresonans vil kunne anvendes som forklaringsbaggrund for en stor del af de - i andre eksperimenter - observerede non-termiske effekter.

Calcium efflux:

En engelsk forsker, Andrew Goldsworthy, fra Imperial College i London har udviklet en teori for, hvorledes elektromagnetiske felter påvirker cellemembraners permeabilitet ved ændringer i ionbindinger mellem positivt ladede calcium-ioner og den negativt ladede cellemembran (Goldsworthy, 2008, 2012). Permeabilitet er et udtryk for gennemtrængelighed, altså hvorvidt et bestemt stof kan trænge gennem en specifik membran. I biologiske systemer er sådanne membraner med selektiv permeabilitet af uhyre høj vigtighed på det cellulære niveau - en forholdsvis beskeden ændring i membransystemerne kan derfor have væsentlig indvirkning på cellens funktion og levedygtighed og dermed have direkte systemiske konsekvenser for den pågældende organisme.

Udgangspunktet er forholdsvis simpel fysik: Når et ledende materiale udsættes for et elektromagnetisk felt, vil der induceres en strøm i det ledende materiale.

Menneskets blod er elektrisk ledende - blandt andet på grund af dets indhold af salt. Når mennesket opholder sig i et elektromagnetisk felt, vil der således dannes Foucault-strømme (en slags hvirvelstrømme) i vævet, hvorved der skabes en AC-potentialeforskel over de enkelte cellers membraner.

Det er vist (Bawin et al., 1975), at elektromagnetiske felter - i non-termiske intensiteter - kan løsrive calcium-ioner fra cellemembranernes overflade.

Mekanismen i denne løsrivelse afhænger ikke af fotonenergien af den pågældende elektromagnetiske stråling, men i stedet af den svingende elektriske potentialeforskel, som opbygges over cellemembranen som følge af de inducerede Foucault-strømme.

Det er i øvrigt påvist (Blackman et al. 1982; Blackman 1990), at løsrivelsen af calcium-ioner kun sker inden for ganske bestemte amplitude-"vinduer", hvilket formentlig er begrundet i calcium-ionens divalente egenskaber, hvor hovedparten af øvrige frie ioner i cellestrukturen er monovalente, idet svingende (AC) potentialer over cellemembranen vil have en vis selektiv effekt baseret på amplitude og frekvens. Goldsworthy forklarer dette fænomen med en lavpraktisk sammenligning med æblehøst, hvor man puffer let til træet for at få de modne æbler til at slippe bindingen til træet. På tilsvarende vis vil en forholdsvis beskeden svingende elektrisk potentialeforskel selektivt kunne løsrive bestemte ioner.

Der kræves selvfølgelig et vist tidsrum mellem svingningerne for at udløse denne effekt,

idet AC-feltets polaritet reverserer for hver halve bølgelængde, og ionerne derfor har mulighed for at falde tilbage, hvis svingningerne kommer hurtigt efter hinanden. Et forholdsvis lavfrekvent elektromagnetisk felt vil derved have relativt højere påvirkningspotentiale, men som gennemgået i forrige kapitel vil en elektromagnetisk stråling med et højt niveau af non-sinusoidale pulser (som eksempelvis mikrobølgestrålingen fra mobiltelefoner og øvrigt trådløst kommunikations- og underholdningsteknologi) udvise lavfrekvente strukturer (ELF-komponentfrekvenser), hvorved der - kombineret med mikrobølgestrålingens penetrationsevne - opnåes en biologisk påvirkning med relativt højt potentiale for løsrivelse af calcium-ioner.

Calcium-ionernes funktion i membransystemerne medvirker til at binde de omkringliggende fosforlipider sammen, således at membranen er tæt og uigennemtrængelig. Når calciumionerne fjernes (eller erstattes med monovalente ioner) svækkes membranen, og der opstår risiko for utætheder. I et velfungerende system kan cellen - indtil en vis grænse - reparere sådanne skader, men kun i et vist omfang - og kun på bekostning af cellens egentlige funktioner. En kontinuerlig eksponering for pulseret mikrobølgestråling (som eksempelvis fra moderne trådløst kommunikations- og underholdningsteknologi) efterlader således ikke cellerne nogen restitutionsperioder til at opbygge reservekapacitet til at imødegå skaderne.

Utætte membraner kan have en ganske vid række af skadevirkninger:

<u>Nedbrydning af DNA:</u>
Et af de mest problematiske steder, en celle kan opleve utætte membraner, er i forbindelse med lysosomer, hvor cellen nedbryder og fordøjer fremmede molekylekæder. Til det brug produceres forskellige enzymer, som eksempelvis kan nedbryde DNA. Hvis en membranvæg mod et sådant lysosom bliver utæt, vil der kunne strømme DNA-nedbrydende deoxyribonuklease fra lysosomet og ind i selve cellen, hvor det kan forårsage skader på cellens arveanlæg. Flere studier (bla Lai & Singh, 1995 og Reflex Reporten, 2004) har eksperimentelt påvist DNA-skader ved eksponering for mikrobølgestråler i non-termiske intensiteter langt under nuværende grænseværdier.

<u>Fertilitetsproblemer:</u>
Idet Foucault-strømmene i princippet kan opstå overalt i kroppen, kan skadevirkningerne grundlæggende manifesteres i et hvilket som helst organ. Med udgangspunkt i de dokumenterede skadevirkninger på menneskets arveanlæg vil man samtidigt forvente et stort potentiale for skadevirkninger i reproduktionsorganerne, hvilket faktisk er eftervist eksperimentelt (Fejes et al. 2005; Agarwal et al. 2006; Agarwal et al. 2007).

Blod-hjerne-membranen:
Goldsworthy anfører, at membransvækkelsen formentlig også vil kunne føre til svækkelse af membraner og membranlignende strukurer andre steder i kroppen - eksempelvis i forbindelse med blod-hjerne-barrieren. Det er vist (Persson et al. 1997), at mikrobølgestråling fra en mobiltelefon kan øge permeabiliteten af blod-hjerne-barrieren så meget, at makromolekyler som albumin kan trænge igennem (og derved trænge ind i hjernen). Skadevirkningerne af sådanne fremmede molekyler i hjernevævet er ligeledes dokumenteret (Salford et al. 2003).

Allergier og øvrige sygdomme:
Ved permeabilitetsøgning af membranstrukturer vil risikoen for optag af allergener og fremmede kemikalier øges væsentligt. Goldsworthy påpeger i den forbindelse, at den nuværende stigning i allergier og allergi-relaterede lidelser i høj grad er geografisk og tidsmæssigt sammenfaldende med den høje stigning i elektromagnetisk eksponering, der har fundet sted de senere år. Samtidigt påpeges det, at MCS, astma og forskellige eksemer kan skyldes utætte membraner. I andre studier (Arrieta et al. 2006) er permeabilitetsøgninger af tarmsystemets membraner sat i forbindelse med type-1 diabets, Chrons sygdom, cøliaki og multipel sklerose.

Aktivering af VGCC (voltage-gated calcium channel) ved mikrobølgeeksponering sættes endvidere i forbindelse med en lang række af neurofysiologiske og neuropsykiatriske problemstillinger gennem oxidative skadevirkninger og modulering af neurotransmitterkaskader

Two U.S. government reports from the 1970s to 1980s provide evidence for many neuropsychiatric effects of non-thermal microwave EMFs, based on occupational exposure studies. 18 more recent epidemiological studies, provide substantial evidence that microwave EMFs from cell/mobile phone base stations, excessive cell/mobile phone usage and from wireless smart meters can each produce similar patterns of neuropsychiatric effects, with several of these studies showing clear dose–response relationships.
(...)
Among the more commonly reported changes are sleep disturbance/insomnia, headache, depression/depressive symptoms, fatigue/tiredness, dysesthesia, concentration/attention dysfunction, memory changes, dizziness, irritability, loss of appetite/body weight, restlessness/anxiety, nausea, skin burning/tingling/dermographism and EEG changes.

In summary, then, the mechanism of action of microwave EMFs, the role of the VGCCs in the brain, the impact of non-thermal EMFs on the brain, extensive epidemiological studies performed over the past 50 years, and five criteria testing for causality, all collectively show that various non-thermal microwave EMF exposures produce diverse neuropsychiatric effects.

--- Pall, 2015. (epub - doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.08.001)

Frie radikaler:

Over et tidsrum på cirka hundrede år er menneskehedens forståelse af biologiske og kemiske reaktioner på cellulært niveau gået fra gådefuld uforklarethed til detaljeret modellering. Samtidigt er fokusområdet i det biologiske forskningsspektrum gået fra organer til væv, til celler og i nyere tid til molekylærbiologien. Foran os står endnu relativt u-udforskede områder som systembiologi og kvanteelektrodynamik og interaktionerne mellem disse områder. Fuld forståelse for de mange interaktionsmuligheder mellem elektromagnetiske felter og biologiske organismer/biokemiske systemer kræver derfor langt højere indsigt i de specifikke molekylærbiologiske sammenhænge end antaget i fortidige forsimplede modelleringer, hvor kun opvarmningseffekten af den modtagne stråling regnedes som biologisk relevant.

I ældre forståelsesmodeller har man arbejdet ud fra en termodynamisk ligevægtsmodel, som kun ganske rudimentært kan beskrive biologiske reaktioner, der kan være baserede på non-linære kvanteelektrodynamiske sammenhænge.

Et af de tidligste resultater påviste, at svage magnetfelter øger koncentrationen af frie radikaler, forhaler deres rekombination og øger risikoen for skadelige reaktioner mellem den frie radikal og cellens komponenter. (Scaiano et al, 1994.)

I dag er sammenhængen mellem frie iltradikaler og RF-EMF (Radio Frekvente ElektroMagentiske Felter) veletableret, og det vil formentlig være passende at omtale de forløbne ti års forskning som repræsenterende et reelt paradimeskifte i forståelsen af interaktionen mellem RF-EMF i non-termiske intensiteter og frie radikaler, idet 88% (Lai, 2014) - 93% (Yakymenko et al, 2015) af de publicerede forskningsresultater inden for feltet påviser eller indikerer kausalforhold mellem eksponering for RF-EMF i non-termiske intensiteter i mikrobølgespektret og øgede niveauer af frie radikaler på cellulært niveau.

A wide pathogenic potential of the induced ROS and their involvement in cell signaling pathways explains a range of biological/health effects of low-intensity RFR, which include both cancer and non-cancer pathologies. In conclusion, our analysis demonstrates that low-intensity RFR is an expressive oxidative agent for living cells with a high pathogenic potential and that the oxidative stress induced by RFR exposure should be recognized as one of the primary mechanisms of the biological activity of this kind of radiation.

--- *Yakymenko et al, 2015, p1*

Begrebet "fri radikal" dækker over et molekyle, et atom eller en ion, som har uparrede elektroner og derfor er meget reaktionsvillig (Herzberg's definition, Herzberg, 1971). I biologiske henseender er disse radikaler ofte baserede på ilt-atomer, hvorfor begrebet frie

ilt-radikaler - eller det engelske begreb ROS (Reactive Oxygen Species) også bruges.

De frie radikaler findes naturligt i kroppen - og benyttes faktisk i vid udstrækning som signalmolekyler på cellulærte og intercellulært niveau, men i disse henseender er der kontrolsystemer, der sørger for, at molekylerne ikke laver uønskede reaktioner. Problemet med disse molekyler er jo netop deres reaktionsvillighed - idet en fri radikal reagerer med et andet molekyle ødelægges dette molekyle. Derfor er kroppen afhængig af at kunne kontrollere udbredelsen og mængden af de frie radikaler.

En fri radikal eksisterer kun i tidsrum, der måles i nanosekunder, før den rekombinerer med et andet molekyle eller atom, men i dette tidsrum kan pågældende frie radikale, gennem en kædereaktion, der genererer flere frie radikaler, nå at påvirke flere millioner andre molekyler. Kontrol og neutralisering af frie radikaler er derfor altafgørende for cellens og organismens funktion og helbred.

Imidlertid er der, som nævnt ovenstående, næsten forskningsmæssig konsensus om fænomenet, hvor RF-EMF forårsager forhøjelse i niveauet af frie radikaler.

Den underliggende mekanisme skal formentlig søges i det faktum, at magnetfeltskomponenten af RF-EMF kan forsinke rekombineringen og dermed faktisk ændre raten og produktmængden for en given reaktion. (McLaughlan, K.A., 1992.). En særdeles svag påvirkning har derved voldsomt påvirkningspotentiale, der kan omfatte systemiske reaktioner for hele organismen.

Der er indikationer på tilstedeværelsen af endnu en underliggende mekanisme, hvor oscillierende felter påvirker dannelsen og rekombineringen af frie radikaler gennem elektrodynamiske effekter relateret til elektronernes spin (McLaughlan, K.A., Steiner, U.E. 1994)

Der findes i øvrigt samtidigt forskningsmæssige resultater (dog kun ved dyreforsøg), der dokumenterer gavnlige effekter af lavfrekvent RF-EMF i forhold til begrænsning af tumorudvikling. (López-Riquelme et al, 2015.)

Påvirkningen understreger hermed bioreaktiviteten af elektromagnetiske felter i non-termiske intensiteter og understreger samtidigt vigtigheden af yderligere udforskning af emnet, således at der kan etableres klarhed over præcis, hvilke frekvenser og modulationsformer, der er negativt bioreaktive. Som tilfældet med calcium-ionerne (gennemgået i foregående afsnit) er det elektromagnetiske felts påvirkningspotentiale i forhold til frie radikaler forventeligt stærkt bundet til ganske specifikke karakteristika for det pågældende elektromagnetiske felt.

Andre forskere har påvist sammenhængen mellem RF-EMF og frie radikaler i dyreforsøg, hvor et forsøgsdyr eksponeres for RF-EMF og samtidigt tilføres ekstra antioxidanter. Først udførtes forsøget uden antioxidanter, hvor det påvistes at RF-EMF i lave frekvenser (60Hz) kunne forårsage både en- og dobbeltsidige DNA-brud i hjerneceller hos rotter via skadevirkninger forbundet med frie radikaler (Lai H, Singh NP, 1997a). Herefter udførtes samme forsøg, men kombineret med adminstration af antioxidant (melatonin), hvor det dokumenteredes, at antioxidanten blokerede for skadevirkningerne fra RF-EMF (Lai H, Singh NP, 1997b).

Skadevirkningerne fra frie radikaler induceret ved eksponering for RF-EMF, kan tilsvarende kobles til neurodegenerative lidelser (Lai H, 1998), idet nervecellernes kapacitet for DNA-reparationer er forholdsvis mindre.

Der kan måles et forøget niveau af frie radikaler hos raske forsøgspersoner allerede efter 15 og 30 min eksponering for GSM mobilstråling ved SAR på 1,09W/kg:

Results suggest that exposure toelectromagnetic radiation may exert an oxidative stress on human cells as evidenced by the increase in the concentration of the superoxide radical anion released in the saliva of cell phone users.

--- Abu Khadra et al, 2015, p72

Virkningerne kan også måles, når almindelige (consumerunit) trådløse accesspoints benyttes som eksponeringskilde (Atasoy, et al., 2012) - denne gang med rotter som modelorganisme: Med udgangspunkt i målinger af 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine etableres en statistisk signifikant ($p < 0.05$) korrelation mellem eksponering og oxidativt stress. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (som ofte blot forkortes 8-oxo-dG) er et følgeprodukt ved oxidering af DNA, hvorfor forbindelsen kan anvendes til at kvantificere niveauet af oxideringsskader i en celle:

These findings raise questions about the safety of radiofrequency exposure from Wi-Fi Internet access devices for growing organisms of reproductive age, with a potential effect on both fertility and the integrity of germ cells.

--- Atasoy, et al., 2012, p223

Mikrobølgestrålingen fra WiFi er undersøgt i flere forskellige eksperimentelle setup. I et interessant eksperiment (Aynali, et al., 2013) godtgøres det ($p < 0.05$), at mikrobølgestrålingen fra WiFi kan forårsage oxidative skader (via frie radikaler), og at melatonin udviser ($p < 0.01$) en vis beskyttende effekt:

There is an apparent protective effect of melatonin on the Wi-Fi-induced oxidative stress in the

laryngotracheal mucosa of rats by inhibition of free radical formation and support of the glutathione peroxidase antioxidant system.

--- Aynali, et al., 2013, p1695

Effekten kan måles med stor statistisk sikkerhed ved en times eksponering for 1,8GHz GSM ved SAR=0,4 W/kg i tredive dage. Samtidigt fandt forskerne en vis beskyttende virkning ved udtræk af hvidløg for visse af virkningerne:

The exposure of RF-EMR similar to 1.8 GHz Global system for mobile communication (GSM) leads to protein oxidation in brain tissue and an increase in serum NO. We observed that garlic administration reduced protein oxidation in brain tissue and that it did not have any effects on serum NO levels.

--- Avci, et al., 2012, p799

Virkningerne af frie radikaler kan også observeres i huden på rotter efter eksponering for 900MHz mikrobølgestråling svarende til en GSM mobiltelefon. Samtidigt påvises det, at melatonin har en vis beskyttende effekt i forhold til skadevirkningerne forårsaget af frie radikaler efter eksponering for mikrobølgestråling:

MDA [malondialdehyde] and hydroxyproline levels and activities of CAT [catalase] and GSH-Px [glutathione peroxidase] were increased significantly in the IR group compared to the control group ($p<0.05$) and decreased significantly inIR+Mel group ($p<0.05$). SOD [superoxide dismutase] activity was decreased significantly in the IR [irradiated] group and this decrease was not prevented by the Mel [melatonin] treatment. These results suggest that rats irradiated with 900 MHz suffer from increased fibrosis and lipid peroxidation (LPO). Mel treatment can reduce the fibrosis and LPO caused by radiation.

--- Ayata, et al., 2004, p878

Ved forsøg med rotter er det endvidere påvist, at ændringerne i niveauet af frie radikaler er større i ikke-fuldvoksne organismer end ved voksne organismer ved eksponering for 900MHz GSM-lignende mikrobølgestråling. Selv om man ikke i alle tilfælde kan overføre resultater direkte fra dyreforsøg til mennesker, er resultatet dog bemærkelsesværdigt set i forhold til udbredelsen af mikrobølgebaseret teknologi til børn og unge i uddannelsessektoren. Bemærk i denne forbindelse, hvorledes reparationsmekanismerne hos de ikke-fuldvoksne påpeges at være begrænsede - skadevirkningerne er således i stor udstrækning irreversible:

Substantial, deleterious biochemical changes were observed in oxidative stress metabolism after EMF exposure. Antioxidant enzyme activity, glutathione levels in lymphoid organs and the antioxidant capacity of the plasma decreased, but lipid peroxidation and nitric oxide levels in PMNs and plasma and also myeloperoxidase activity in PMNs increased. Oxidative damage was tissue specific and improvements seen after the recovery period were limited, especially in immature rats. CONCLUSIONS: In the present study, much higher levels of irreversible oxidative damage were observed in the major lymphoid organs of immature rats than in mature rats.

--- Aydin B, Akar A. 2011, p261

I endnu et rotteforsøg - denne gang med fokus på hjernen - påvises der signifikant stigning i oxidative stress (malondialdehyde (MDA): $p < 0.001$; advanced oxidation protein product (AOPP): $p < 0.05$) ved eksponering for 900MHz mobillignende mikrobølgestråling ved SAR=1,08 W/kg i en time hver dag i tre uger. Samtdigt vises ($p < 0.05$) en vis beskyttende effekt ved udtræk fra hvidløg i forhold til de oxidative processer. Det bemærkes i øvrigt, at det valgte eksponeringsmønster er overordentligt virkelighedsnært i forhold til reelle eksponeringsforhold for især unge mennesker:

Our results suggest that there is a significant increase in brain lipid and protein oxidation after electromagnetic radiation (EMR) exposure and that garlic has a protective effect against this oxidative stress.

--- Bilgici, et al., 2013, p20

Overproduktionen af frie radikaler ved eksponering for mikrobølgestråling fra trådløse kommunikationsmidler kan forekomme ved forholdsvis lave eksponeringsværdier. I et forsøg med embryoer fra japanske vagtler påvistes således signifikant stigning i niveauet af oxidative forbindelser. Det påpeges samtidigt, at oxidativt stress i det iagttagne omfang kan lede til udvikling af kræft:

Exposure of developing quail embryos to extremely low intensity RF-EMR of GSM 900 MHz during at least one hundred and fifty-eight hours leads to a significant overproduction of free radicals/reactive oxygen species and oxidative damage of DNA in embryo cells. These oxidative changes may lead to pathologies up to oncogenic transformation of cells.

--- Burlaka, et al., 2013, p219

I endnu et rotteforsøg påvises sammenhæng mellem eksponering for GSM-lignende mikrobølgestråling (900MHz ved SAR = 8.4738×10^{-5} W/kg 2 timer om dagen, 5 timer om ugen i 30 dage), oxidative skader og signifikant mindsket kognitiv funktion. Resultatet er igen bemærkelsesværdigt i forhold til nuværende udrulning af mikrobølgebaserede kommunikationsenheder i uddannelsessystemet:

Results showed significant impairment in cognitive function and increase in oxidative stress, as evidenced by the increase in levels of MDA (a marker of lipid peroxidation) and protein carbonyl (a marker of protein oxidation) and unaltered GSH content in blood. Thus, the study demonstrated that low level MW radiation had significant effect on cognitive function and was also capable of leading to oxidative stress.

--- Deshmukh, et al., 2013, p114

Virkningerne af den oxidative stress, cellerne udsættes for ved overproduktionen af frie radikaler ved eksponering for mikrobølgestråling fra trådløse kommunikationsenheder, kan også måles i de røde blodlegemer og i nyrene hos rotter:

The results suggest that EMR at the frequency generated by a cell phone causes oxidative stress and

peroxidation in the erythrocytes and kidney tissues from rats. In the erythrocytes, vitamin C seems to make partial protection against the oxidant stress.

--- Devrim, 2008, p679

Efter eksponering for mikrobølgestråling fra trådløse kommunikationsenheder i frekvenserne 900MHz, 1800MHz og 2450MHz i en time pr dag over 2 måneder kunne der (Eser, et al., 2013) - som følge af oxidative skader - måles direkte skadevirkninger i hjernevævet hos forsøgsdyrene. I forhold til det eksponeringsmønster, mange unge mennesker i dag udsættes for i forbindelse mikrobølgestråling fra mobiltelefoner og trådløs digital kommunikation, er det væsentligt at bemærke eksperimentets beskrivelse af strukturel og vidtfavnende skadevirkning fordelt over flere væsentlige områder af hjernen:

EMR causes to structural changes in the frontal cortex, brain stem and cerebellum and impair the oxidative stress and inflammatory cytokine system. This deterioration can cause to disease including loss of these areas function and cancer development.

--- Eser, et al., 2013, p707

Den bioreaktive egenskab i de pulserede mikrobølger er formentlig begrundet i de ELF-komponentfrekvenser, som pulsmodulationen tilføjer signalet. I et eksperimentelt setup (Höytö A, Luukkonen J, Juutilainen J, Naarala J. 2008) påvistes det således, at pulseret mikrobølgestråling (872MHZ / SAR=5W/kg) kunne fremkalde oxidative skader, mens ikke-pulserede mikrobølgestråler i samme intensitet og frekvens ikke forårsagede oxidative skader.

Andre finder samme egenskaber ved pulseret mikrobølgestråling - denne gang fra 900MHz GSM:

Results of our study showed that pulsemodulated RF radiation causes oxidative injury in liver, lung, testis and heart tissues mediated by lipid peroxidation, increased level of NOx and suppression of antioxidant defense mechanism.

--- Esmekaya, et al., 2011, p84

Allerede i 2007 dokumenterede et israelsk forskerteam (Friedman, et al., 2007) en række af detaljerne ved overproduktionen af frie radikaler som følge af eksponering for mikrobølgestråler fra mobiltelefoner og tilsvarende. De isolerede en specifik påvirkningsmekanisme, hvor mikrobølgestrålernes energi stimulerer NADH-oxidase (som er et enzym, der normalt findes i cellemembraner og katalyserer produktionen af O_2^-, som er en særdeles reaktionsvillig fri iltradikal. (Bemærk at produktionen af O_2^- kun kræver flytning af een elektron). Iltradikalerne påvirker herefter en kaskade af processer, som influerer både gen-transkription og cellulære processer:

Thus, this study demonstrates for the first time a detailed molecular mechanism by which electromagnetic irradiation by mobile phones induces the activation of the ERK cascade and thereby induces transcription and other cellular processes.

--- Friedman, et al., 2007, p559

I uddannelsessystemet eksponeres mange elever, studerende og undervisere dagligt for meget høje niveauer af mikrobølgestråling, da meget af den IT-støttede undervisning baseres på trådløse løsninger, idet sådanne ofte opfattes billigere at etablere end kablede netforbindelser. Via mobiltelefoni foregår der samtidigt en kontinuerlig eksponering af funktionærer og arbejdere i andre erhverv. Med en så omsiggribende eksponering er det skræmmende, at der kan påvises oxidative skader og DNA-skader ved meget lave SAR-værdier. Eet studie (Garaj-Vrhovac, et al., 2011) blev udført med raske mennesker som forsøgspersoner, idet niveauet af DNA-skader og oxidativt stress på cellulært niveau blev målt for en række radaroperatører.

Der kunne måles signifikant ($P< 0.05$) flere skader på DNA (via comet assay) hos radaroperatørerne end hos den ueksponerede kontrolgruppe. Der kunne samtidigt måles signifikant ($P< 0.05$) forhøjet niveau af celleskader. Samtidigt kunne der måles signifikante oxidative skader hos den eksponerede gruppe.

Det bemærkelsesværdige i eksperimentet er, at radaroperatørerne faktisk var placeret i beskyttende bygninger - den målte eksponering var således væsentligt lavere, end hvad der forekommer eksempelvis ved benyttelse af mobiltelefoni i arbejdsøjemed eller benyttelse af trådløs digital kommunikationsteknologi i uddannelsesmæssig henseende. Idet radarteknologi er pulserende RF, udregnedes peak SAR til at ligge mellem $3{,}2 \cdot 10^{-4}$ W/kg og 2,51 W/kg - afhængig af, hvilke lokaliteter der opmåltes. Tilsvarende lå den gennemsnitlige SAR mellem $1{,}19 \cdot 10^{-9}$ W/kg og $8{,}35 \cdot 10^{-6}$ W/kg.

Ud fra måleværdierne vil man således forvente at kunne finde tilsvarende situationer med DNA-skader, celleskader og oxidativt stress på cellulært niveau hos et stort antal elever, studerende og undervisere i uddannelsessystemet, samt hos personer med intensivt brug af mobiltelefoni i arbejds- eller fritidsmæssig henseende.

Results suggests that pulsed microwaves from working environment can be the cause of genetic and cell alterations and that oxidative stress can be one of the possible mechanisms of DNA and cell damage.

--- Garaj-Vrhovac, et al., 2011, p 59

Samtidigt er det påvist, at oxidative skader forårsaget ved prenatal eksponering stadig kan måles efter fødslen. (Hanc H, Odac E, Kaya H, Aliyazıcıoğlu Y, Turan I, Demir S, Colakoğlu S. 2013.). Endvidere behøver eksponeringen ikke komme fra egen anvendelse af mobiltelefon eller lignende trådløse apparater - et Schweizisk forskerhold (Hässig M,

Jud F, Naegeli H, Kupper J, Spiess BM., 2009) undersøgte forekomsten af oxidativt stress i øjnene på kalve fra kødkvægsbesætninger i Schweiz. Der kunne måles korrelation mellem oxidativt stress og antallet af mobiltelefon-antennemaster i nærheden. Samtidigt kunne der etableres korrelation mellem oxidativt stress og afstanden til nærmeste mobiltelefon-antennemast.

Oxidative skader i øjnene dokumenteres også i andre dyreforsøg. Et forskerhold (Jelodar G, Akbari A, Nazifi S. 2013) undersøgte således påvirkningsmekanismen hos rotter og fandt tilsvarende oxidative skader i øjene hos rotterne ved eksponering for mikrobølgestråling svarende til strålingen i godkendt afstand fra en mobiltelefon-antennemast. Ud over at dokumentere fremkomsten af oxidative skader, indikerede resultaterne samtidigt, at antioxidanter i form af vitamin C har en vis beskyttende effekt:

It can be concluded that RFW [radiofrequency wave] causes oxidative stress in the eyes and vitamin C improves the antioxidant enzymes activity and decreases MDA [malondialdehyde].

--- Jelodar G, Akbari A, Nazifi S. 2013, 128

Samme forskerhold gentog i øvrigt forsøget - stadig under anvendelse af en eksponeringskilde svarende til godkendt afstand af en mobiltelefon-antennemast, og kunne påvise samme oxidative skader i testiklerne på rotter:

It can be concluded that RFW causes oxidative stress in testis and vitamin C improves the antioxidant enzymes activity and decreases MDA.

--- Jelodar G, Akbari A, Nazifi S. 2013a, 128

De frie radikaler kan forårsage mange forskellige former for oxidativt stress i en eksponeret celle, men en del undersøgelser påviser en genotoksisk effekt - altså at mikrobølgestrålingen fra mobiltelefoner og anden trådløs kommunikationsteknologi er direkte giftig eller skadelig for menneskets arveanlæg. Det konkluderes således, efter et kinesisk (Liu, et al., 2013) eksperiment baseret på 1800MHz GSM ved SAR på 1 W/kg, 2 W/kg eller 4 W/kg:

Taking together, these findings may imply the novel possibility that RF-EMR with insufficient energy for the direct induction of DNA strand breaks may produce genotoxicity through oxidative DNA base damage in male germ cells.

--- Liu, et al., 2013, p2

Et andet kinesisk resultat fra 2012 viser produktoin af frie iltradikaler og konformitetsforstyrrelser ved proteiner, lipider og DNA-molekyler ved eksponering for 900MHz mikrobølgestråling ved SAR=0,4W/kg. Under eksperimentet registreredes 37%

celledød i en cellekultur udsat for pågældende eksponering:

Although human PBMC [peripheral blood mononuclear cell, blodbaserede immunforsvarsceller] was found to have a self-protection mechanism of releasing carotenoid in response to oxidative stress to lessen the further increase of ROS, the imbalance between the antioxidant defenses and ROS formation still results in an increase of cell death with the exposure time and can cause about 37% human PBMC death in eight hours.

--- Lu YS, Huang BT, Huang YX. 2012, p1

Oxidative skader kan også påvises hos bananfluer, der eksponeres for mikrobølgestråling fra en DECT-telefon. Mikrobølgestrålingen var området 1,88-1,90MHz og måltes til en intensitet på 2,7 V/m, hvorfra eksponeringen på SAR=0,009W/kg beregnedes. Bananfluerne blev eksponeret i henholdsvis 0,5; 1; 6; 24 og 96 timer. Allerede efter 6 timers eksponering måltes ($p < 0.001$) to-dobling af niveauet af frie iltradikaler hos bananfluerne:

It is postulated that the pulsed (at 100 Hz rate and 0.08 ms duration) idle state of the DECT base radiation is capable of inducing free radical formation albeit the very low SAR, leading rapidly to accumulation of ROS in a level-saturation manner under continuous exposure, or in a recovery manner after
interruption of radiation, possibly due to activation of the antioxidant machinery of the organism.

--- Manta , et al., 2014, p118

Oxidative skader kan også påvirke hjernen og kognitivt potentiale hos rotter allerede ved SAR=5.835 x 10^{-4} W/kg. Man bør selvfølgelig ikke overføre resultater fra dyreforsøg direkte til menneskelige forhold, men resultatet er bemærkelsesværdigt set i forhold til det høje eksponeringsniveau i uddannelsesinstitutioner:

Significant impairment in cognitive function and induction of oxidative stress in brain tissues of microwave exposed rats were observed in comparison with sham exposed groups. Further, significant increase in level of cytokines (IL-6 and TNF-alpha) was also observed following microwave exposure. Results of the present study indicated that increased oxidative stress due to microwave exposure may contribute to cognitive impairment and inflammation in brain.

--- Megha , et al., 2012, p889

Der kan måles forhøjet niveau af oxidativt stress hos mennesker, der benytter mobiltelefon. Allerede i 2001 påviste et egyptisk forskerhold sammenhængen ved målinger af oxidative parametre hos raske forsøgspersoner, der eksponeredes for mikrobølgestrålingen fra kommercielt tilgængelige mobiltelefoner i 1, 2 eller 4 timer:

These results indicate that acute exposure to radiofrequency fields of commercially available cellular phones may modulate the oxidative stress of free radicals by enhancing lipid peroxidation and reducing the activation of SOD and GSH-Px, which are free radical scavengers. Therefore, these results support the interaction of radiofrequency fields of cellular phones with biological systems.

--- Moustafa, et al., 2001, p605

Et rotteforsøg fra 2013 påviser oxidativt stress ved eksponering for WiFi og GSM-lignende mikrobølgestråling, og der kunne iagttages skadevirkninger på rotternes nyrer og testikler efter 60minutters eksponering hver dag i 6 uger. Eksponeringen startede prenatalt:

Wi-Fi- and mobile phone-induced EMR caused oxidative damage by increasing the extent of lipid peroxidation and the iron level, while decreasing total antioxidant status, copper, and GSH values. Wi- Fi- and mobile phone-induced EMR may cause precocious puberty and oxidative kidney and testis injury in growing rats.

--- Ozorak, et al., 2013, p221

Rotteforsøgene er vigtige, idet rotter, mus og mennesker har en forbløffende høj grad af overensstemmelse i den proteinkodende del af DNA. Resultaterne fra de mange dyreforsøg kan, som nævnt, ikke direkte overføres til mennesker - men dyreforsøgene kombineret med de eksperimentelle resultater fra studier med raske forsøgspersoner giver en meget sikker identifikation af et væsentlig problemfelt, som ikke adresseres tilstrækkeligt i dagens samfundsdebat.

Hos rotter kan der iagttages skadevirkninger i hjernen som følge af oxidativt stress allerede ved SAR = 0.043-0.135 W/kg:

We demonstrated two important findings; that mobile phones caused oxidative damage biochemically by increasing the levels of MDA, carbonyl groups, XO activity and decreasing CAT activity; and that treatment with the melatonin significantly prevented oxidative damage in the brain.

--- Sokolovic, et al., 2008, p 579

Virkningerne kan i øvrigt også måles på kaniner. I et studie fra 2010 påvises oxidative skader i leveren hos kaniner udsat for GSM-lignende mikrobølgestråling:

Consequently, the whole-body 1800 MHz GSM-like RF radiation exposure may lead to oxidative destruction as being indicators of subsequent reactions that occur to form oxygen toxicity in tissues.
--- Tomruk A, Guler G, Dincel AS. 2010, p39

De dokumenterede skadevirkninger er dog ikke begrænset til dyreforsøg - det kan også iagttages direkte i cellekulturer. Et kinesisk forskerhold undersøgte i 2010 virkningerne af 1800MHz GSM-lignende mikrobølgestråling ved SAR=2W/kg på en cellekultur af nerveceller og påviste oxidative skader i mitochondrial DNA i pågældende nerveceller. Der er i forvejen etableret en vis korrelation mellem skader på mitochondria DNA og forskellige neurodegenerative lidelser, hvorfor resultatet er ret interessant - og alvorligt:

Together, these results suggested that 1800 MHz RF radiation could cause oxidative damage to mtDNA in primary cultured neurons. Oxidative damage to mtDNA may account for the neurotoxicity of RF radiation in the brain.

--- Xu, et al., 2010, p189

Med 88% af eksisterende forskningsartikler om emnet påvisende korrelation mellem eksponering for elektromagnetiske felter i non-termiske intensiteter og øget forekomst af frie radikaler, er denne påvirkningsmekanisme en af de bedst udforskede og stærkest dokumenterede. Samtidigt er mange detaljer i påvirkningsmekanismen dog endnu ukendte, idet variationer i frekvens, varighed, bølgeform og modulationsform formentlig har signifikant indflydelse på det elektromagnetiske felts biologiske påvirkningspotentiale.

Dielektriske virkninger på cellulært niveau:

Fysikeren Bo Sernelius, som er professor på Linkoping University i Sverige, har udformet en meget interessant teori (Sernelius, 2004, 2006) i forhold til mulige skadevirkninger fra mikrobølgestråler i non-termiske intensiteter.

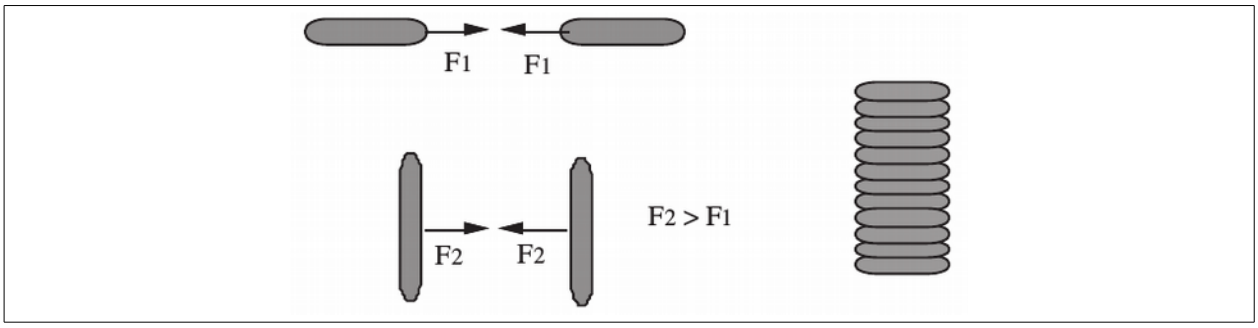
Udgangspunktet for hans teori er de dielektriske kræfter, som er nævnt flere gange i de foregående afsnit.

I stedet for at tage udgangspunkt i virkningerne på de enkelte molekyler tager han udgangspunkt i det cellulære system, idet han viser, at vands dielektriske egenskaber har afgørende betydning for den elektriske ladning mellem de enkelte celler.

Ved eksponering for et elektromagnetisk felt ensrettes vandmolekylernes dipoler, hvilket giver en umiddelbar effekt på den intercellulære elektriske tiltrækning.

Ved 850MHz modulerer mikrobølgefeltet de elektriske tiltrækningskræfter mellem de enkelte celler med omkring 11 størrelsesordener, hvilket blandt andet kan forårsage uhensigtsmæssige sammentrækninger af blodkar og tilsvarende uhensigtsmæssige sammenklumpninger af røde blodlegemer begrundet i den forhøjede elektriske tiltrækning.

Røde blodlegemer er aflangt runde, og på grund af vandmolekylernes placering i den aflangt runde cellemembran, vil den elektrisk baserede tiltrækning give en specifik orienteringsform præference:

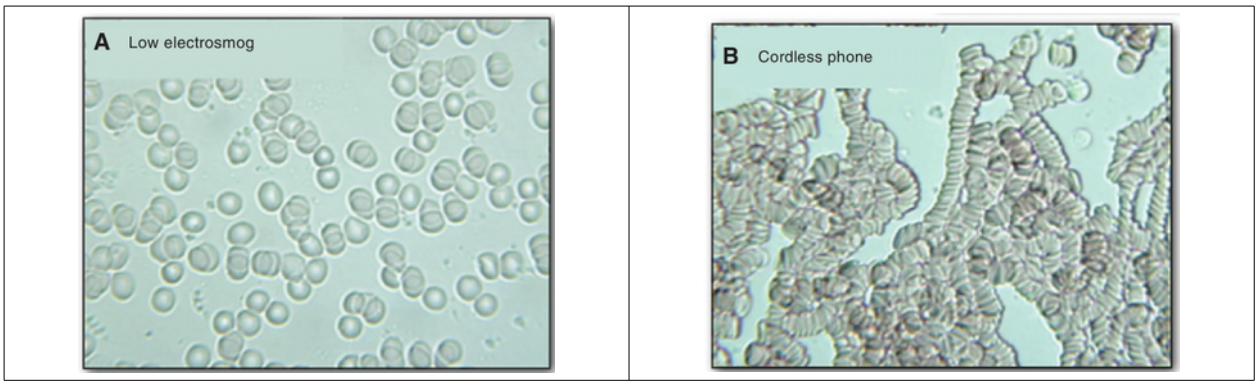


Figur 17: Simplificeret afbildning af beregnet sammenklumpning af røde blodlegemer. Illustration: Sernelius, 2006, p166

Sammenklumpning af røde blodlegemer er en patologisk tilstand, som er velkendt fra en række forskellige sygdomme. De perlerække-lignende sammenklumpninger kaldes i den forbindelse for Roleaux-formationer.

Sernelius pointerer, at hans teori udelukkende er begrundet i beregninger, og at der kræves opfølgende eksperimenter for at eftervise teoriens substans. Samtidigt anfører han, at hensigten med hans teoretiske beregninger er at tilvejebringe hensigtsmæssige veje og muligheder for den fortsatte udforskning af interaktionsmuligheder mellem RF-EMF og biologiske systemer.

Een af teoriens forudsigelser, nemlig sammenklumpningen af røde blodlegemer, er dog bekræftet eksperimentelt. Den canadiske forsker Magda Havas har foretaget en del eksperimenter i samme henseende og kan dokumentere forekomsten af de såkaldte Roleaux-formationer i blodet hos EHS-patienter, der udsættes for RF-EMF:



Figur 18: Roleaux-formationer efter udsættelse for mikrobølgestråler. De sammenklumpede blodlegemer indikerer en patologisk tilstand. Illustration: Havas, 2013, p79

Samtidigt kan et nyere eksperimentelt resultat i forhold til dielektriske virkninger være relevant støtte for Sernelius teori, idet et forskerteam (Taghi M, Gholamhosein R, Saeed RZ., 2013) har beregnet det elektriske dipolmoment i cellens mikrotubuli til 1000 Debye, hvilket er tilstrækkeligt til, at den rumlige orientering af cellulære mikrotubuli vil kunne påvirkes af et elektromagnetisk felt. Samme forskerteam lavede efterfølgende en eksperimentel eftervisning af deres beregnede teori og kunne påvise strukturændringer i mikrotubuli i rottehjerner efter eksponering for et elektromagnetisk felt.

HSP'ere, Fraktalantenner og elektronbaseret DNA-interaktion

Det er velkendt, at den menneskelige krop er i stand til at mobilisere indtil flere forskellige immunreaktioner som forsvarsmekanismer, når kroppen angribes af fremmede patogener. På tilsvarende vis findes et sæt af forsvarsmekanismer på cellulært niveau, hvis opgave det er at beskytte den enkelte celle mod skadelige forandringer som følge af udefrakommende trusler. Systemerne benævnes ofte den "cellulære stress-respons".

Een af de første stress-respons forsvarsmekanismer, der blev opdaget, var cellens forsvar mod termisk stress - altså opvarmning - hvilket er baggrunden for, at de proteinforbindelser, cellen danner for at mindske skadevirkningerne på cellen, i dag benævnes Heat Shock Proteins (HSP). Man ved i dag, at HSP'ere kan dannes ved mange forskellige typer af skadelige påvirkninger - uafhængigt af hvorvidt cellen opvarmes; men af historiske årsager holder man fast i betegnelsen HSP. Endvidere navngives HSP'erne ofte med et nummer bag betegnelsen HSP - dette nummer angiver i så tilfælde molekylevægten i kilodalton. De fleste proteiner har en molekylevægt mellem 10 og 100 kilodalton, men de mest almindelige HSP'ere grupperer sig omkring 30kD, 70kD og 90kD. (Martin B., & Goodman, R., 2009)

HSP'erne er vigtige i forhold til udforskning af interaktionsmuligheder mellem RF-EMF og biologiske systemer, da det er påvist, at både ELF (Goodman, R. & Blank, M. 1998), RF (de Pomerai, et al., 2000) og amplitudemoduleret RF (Czyz, et al., 2004) kan aktivere cellens stress-respons-reaktion. Cellens reaktion er således et utvetydigt signal om forekomsten af skadevirkninger ved eksponering for mikrobølgestråler i non-termiske intensiteter.

Forskellen mellem de termiske og non-termiske skadevirkninger understreges yderligere, idet man har påvist (Martin B., M & Goodman, R. 2009), at der er tale om to forskellige DNA-rækkefølger, der aktiveres ved igangsætning af stress-respons som følge af elektromagnetisk påvirkning og termisk påvirkning. Samtidigt er det påvist, at de elektromagnetiske felter påvirker cellen allerede ved uhyre lave værdier. Der er målt stress-respons, indikeret ved dannelsen af HSP'ere, ved energiniveauer fra elektromagnetiske felter, som er 14 størrelsesordener lavere end den termiske energimængde, der kræves for at igangsætte den cellulære stress-respons. (Blank, M., Khorkova, O., Goodman, R. 1994). Man har således objektivt dokumenteret tilstedeværelsen af non-termiske stress-reaktioner på cellulært niveau.

En af forfatterne til ovenstående studie uddyber i en senere publikation, hvorledes målingerne står i skarp kontrast til gældende grænseværdier:

During the past twenty years, the growing use of cellular phones has aroused great concern regarding the health effects of exposure of the brain to 900 MHz RF waves. Despite claims that the energy level is too low to induce changes in DNA and that the devices are safe, the non-thermal effects that have been demonstrated at both ELF and RF exposure levels can cause physiological changes in cells and tissues even at the level of DNA.

---Martin B., M & Goodman, R. 2009, p74

Samtidigt pointeres det, at de pågældende stress-respons-reaktioner betegner en skadelig situation for den enkelte celle, og at sådanne skadevirkninger kan have systemiske effekter:

Finally, it should be mentioned that some of the pathways described in this section also have roles in protein synthesis via RNA polymerase III, an enzyme in oncogenic pathways [35] [Johnson, D.L. & Johnson, S.A.S. 2008] and could, therefore, provide a mechanistic link between cancer and EMF exposure.

---Martin B., M & Goodman, R. 2009, p74

Ud over aktivering af den cellulære stress-respons findes der andre væsentlige problemforhold, derved at elektromagnetiske felter uhindret kan passerer gennem biologisk væv og således få adgang direkte til DNA-strengene i cellens kerne. Det beskrives (Martin B., M & Goodman, R. 2009), hvorledes det elektromagnetiske felt, via elektronens høje ladning set i forhold til dens masse, kan interagere direkte med elektroner i DNA-strukturen. Direkte elektron-interaktion kræver normalt en relativt høj fotonenergi og er således normalt henvist til de langt mere energirige strålingsformer, som derfor netop betegnes ioniserende stråling. Mikrobølger er ikke-ioniserende, hvilket vil sige, at fotonenergien ikke er tilstrækkelig til at bryde molekylære bindinger i sig selv. Det viser sig dog, at elektronerne i DNA-strukturen ikke alle er så fast bundet, som det er tilfældet i mindre - og mere velstuderede - molekyler, hvilket giver basis for, at mikrobølgernes fotonenergi er tilstrækkeligt til at påvirke disse elektroners placering i DNA-molekylet:

Recent studies on DNA have shown that large electron flows are possible within the stacked base pairs of the double helix. Therefore, gene activation by magnetic fields could be due to direct interaction with moving electrons within DNA

--- Blank, Goodman, 1997, p111

I et andet forskningsfelt, nemlig i forbindelse med udvikling af nanocomputere, har man ligeledes påvist elektronvandring i DNA-molekyler:

Here we demonstrate DNA charge transport (CT) over 34 nm in 100-mer monolayers on gold. Multiplexed gold electrodes modified with 100-mer DNA yield sizable electrochemical signals from a distal, covalent Nile Blue redox probe. Significant signal attenuation upon incorporation of a single base-pair mismatch demonstrates that CT is DNA-mediated.

--- Slinker, et al, 2011, p228

Det beregnes samtidigt, at elektronerne bevæger sig med uhyre høj hastighed som følge af det elektromagnetiske felts påvirkning ($v=10^3$ m/s, Martin B., M & Goodman, R. 2009, p75) hvilket efterfølgende benyttes i en beregning af elektronens tidsmæssige bevægelse set i forhold til det elektromagnetiske felts oscillation, hvor elektronens hastighed bevirker, at påvirkningen på elektronen kan tilsvares pulserende DC. Samlet konkluderes det således:

The low EMF energy can move electrons, cause small changes in charge distribution and release the large hydration energy tied up in protein and DNA structures .

---Martin B., M & Goodman, R. 2009, p75

Selv forholdsvis svage elektromagnetiske felter kan interagere med DNA-molekylet, hvor tærskelværdien (ved 60Hz) opgives (Goodman & Henderson, 1988; Blank & Goodman, 2011) til 0.2–0.3 μT for Na,K-ATPase-reaktionen, 0.5–0.6 μT for cytochrome oxidase og 50.5 μT for Belousov-Zhabotinski-reaktionen. Det ses, at disse værdier er i umiddelbar overensstemmelse med de epidemiologiske resultater for fordobling af børneleukemi-risikoen ved eksponeringer over 0,3-0,4 μT (Blank & Goodman, 2011*)*, og viser samtidigt at bioreaktiviteten for sådanne felter tydeligt kan påvises ved svage feltintensiteter

Tilsvarende er direkte elektroninteraktion på basis af eksterne svage elektromagnetiske felter iagttaget i forbindelse med studier af elektromagnetisk påvirkning på Na,K-ATPase. (Blank, M., 2005)

Een af årsagerne til den direkte interaktion mellem elektromagnetiske felter og DNA kan være en evolutionær tilpasning fra meget tidligt i livets historie. I modsætning til komplekse flercellede organismer (som mennesket) kan det for simple en-cellede organismer være en evolutionær fordel med en relativt høj mutationsrate, hvilket blandt andet kan induceres ved påvirkninger fra elektromagnetiske felter - og selvfølgelig ved påvirkninger fra ioniserende stråling:

EMF is believed to have been an important driving force in evolution. Because the physical arrangement of the DNA in a cell determines its properties as an antenna, the ability of DNA to act as a fractal antenna could account for the large difference in the rate of molecular evolution of prokaryotes and eukaryotes.

--- Blank, M., & Goodman, R., 2011, p413

Fraktaler er kendetegnet ved en selvsimilaritet, der giver strukturlighed mellem forskellige skalaniveauer i pågældende system. En antenne konstrueret på denne basis er således følsom (resonerer) i et meget bredt frekvensfelt. DNA-molekylet udviser, gennem

dets opspiraliseringsstrukturer en meget høj grad af selvsimilaritet, og de forholdsvis ensartede skadevirkninger ved eksponering for elektromagnetiske felter i forskellige frekvensområder indikerer samtidigt virkningen af DNA som fraktalantenne.

Tidligere forskning (Lin et al, 1999, 2001) viser samtidigt, at det specifikt er en speciel rækkefølge af gener (nCTCTn), der - grundets dets lave elektronaffinitet set i forhold til GAGA-sammensætningen - muliggør elektronforskydning. Samtidigt vises nCTCTn-rækkefølgens betydning for HSP70, som i mange eksperimenter er koblet til eksponering for elektromagnetiske felter.

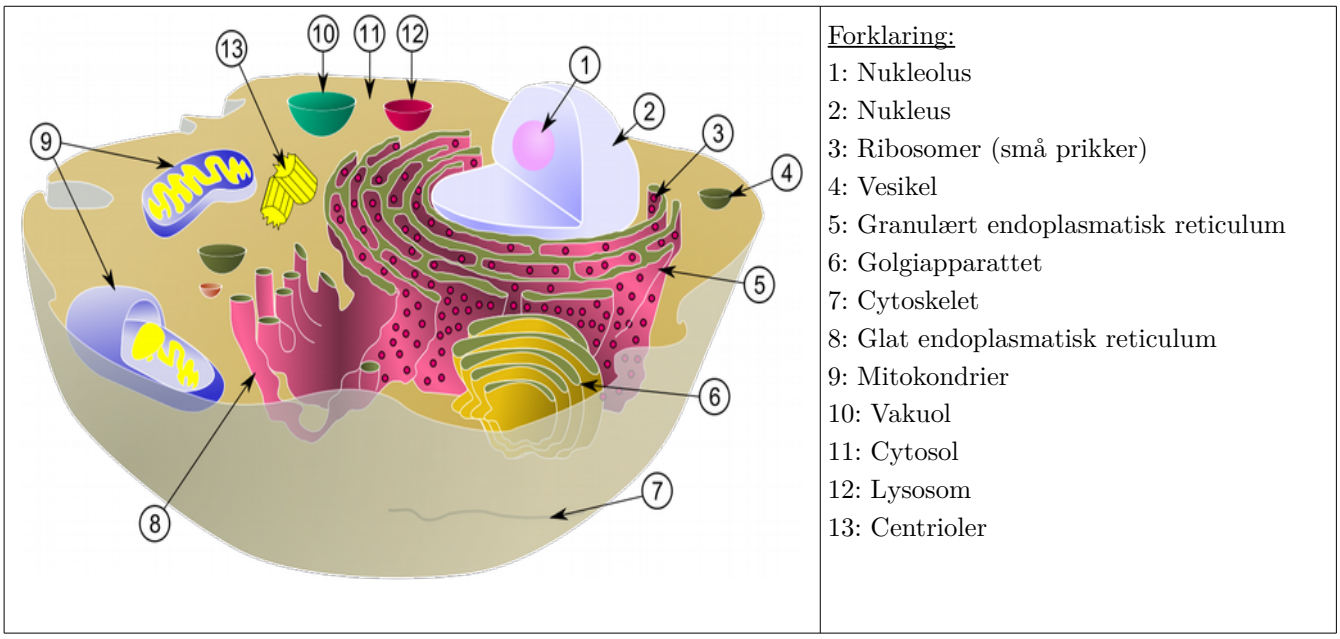
Betydningen af disse sammenhænge kan være af stor væsentlighed i forbindelse med den forholdsvis høje elektromagnetiske eksponering, et menneske ufrivilligt udsættes for i det moderne samfund. Den forøgede mutationsrate, som var en evolutionær fordel for de første DNA-baserede eukaryoter, vil kunne give anledning til alvorlige og vidtspredte helbredseffekter, hvis omfang yderligere forstærkes ved det tiltagende eksponeringstryk.

Kapitel 3 - Genotoksiske virkninger

Genotoksiske virkninger

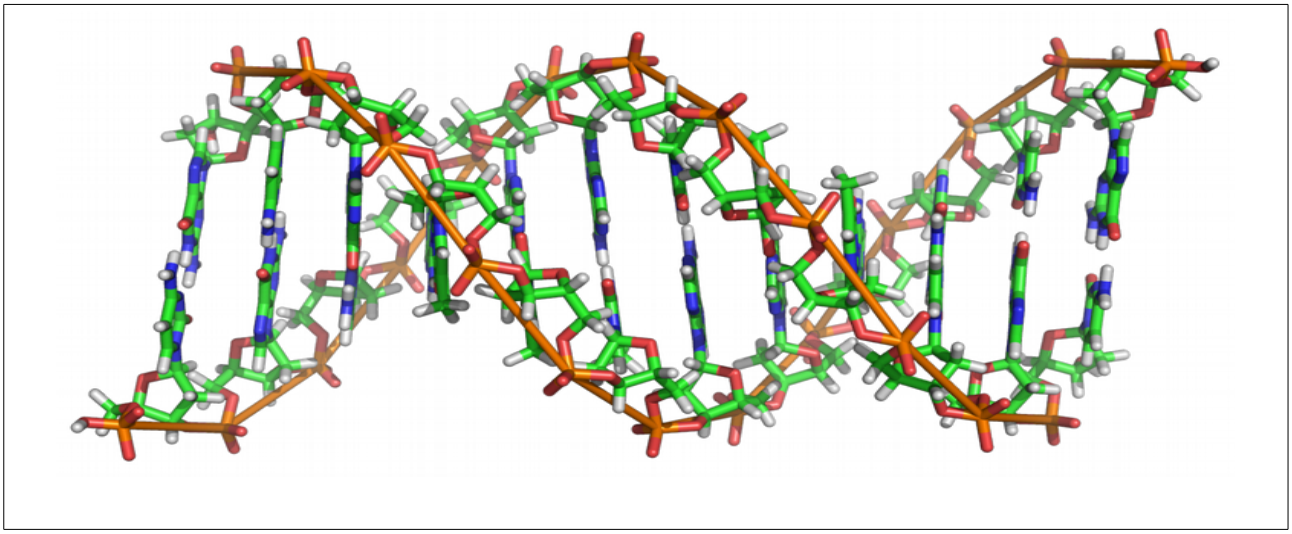
Celler, gener og DNA:

Mennesket er opbygget af celler. I alt regner man med, at et normalt voksent menneske indeholder 100 millioner millioner celler (Lodish, Harvey, et al. 2007).



Figur 19: Skematisk oversigt over en eukaryot dyrecelle. Illustration: Wikimedia Commons, GNU

Kroppens celler specialiserer sig, således at nogle celler bliver nerveceller, nogle hudceller, nogle muskelceller, osv; men alle celler indeholder i princippet hele "opskriften" på det pågældende menneske. "Opskriften" ligger lagret i DNA (arvemassen), som beskyttes i cellens kerne. Hver enkelt celle indeholder en fuld kopi af pågældende menneskes DNA.



Figur 20: Skematisk oversigt over et udsnit af en DNA-streng. Illustration: Wikimedia Commons, GNU

DNA indeholder koder ("opskrifter") for alle de stoffer, cellen skal producere, hvilket samtidigt er årsagen til, at integriteten af DNA er uhyre vigtigt for cellen. Cellen kan - i et vist omfang - reparere skader, der opstår på DNA, men bliver skaderne for massive resulterer det i, at pågældende celle går til grunde - eller endnu værre: bliver til en kræftcelle.

I forhold til påvirkning fra mikrobølgestråler findes der således en forskningsinteresse i at afklare, hvorvidt mikrobølgerne kan beskadige DNA - altså hvorvidt mikrobølgerne er genotoksiske - idet en sådan beskadigelse vil kunne medføre alvorlige helbredsskadelige virkninger.

Genotoksiske virkninger ved mikrobølger:

Genotoksitet betyder ordret, at noget er giftigt for generne. Giftvirkningen kan eksempelvis være, at DNA-molekylet bliver slået i stykker.

En af måderne, hvorpå forskerne kan måle beskadigelse af DNA, er ved en undersøgelsesmetode kaldet "comet assay", hvor man kan måle, hvor stor vandring der er mellem de negativt ladede DNA-molekyler og den positive anode i et elektrisk felt. Det fremkomne billede ligner en komet med hale - deraf navnet. Mængden af DNA-beskadigelse kan herefter kvantificeres via "halens" længde og udstrækning.

Allerede i 1995 kunne forskere påvise enkeltstrengede DNA-brud i celler fra rottehjerner efter eksponering for pulseret mikrobølgestråling ved 2450MHz ved SAR=0,6-1,2W/kg i to timer (Lai H, Singh NP., 1995). Året efter blev eksperimentet gentaget, hvor der kunne påvises både enkeltstrengede og dobbeltstrengede DNA-brud i celler fra rottehjerner efter eksponering for 2450MHz mikrobølgestråling (både pulserende og bærebølge) ved SAR=1,2 W/kg (Lai, Henry. 1996)

I et efterfølgende eksperiment (Lai H, Singh NP., 1997) replikeres resultaterne; men eksperimentet udvides samtidigt til at undersøge en eventuel beskyttende effekt af forskellige antioxidanter (melatonin og N-tert-butyl-alpha-phenylnitrone, PBN). Idet der registreres en beskyttende effekt som følge af disse antioxidanter, konkluderes det samtidigt, at DNA-beskadigelsen skyldes produktion af frie iltradikaler ved eksponering for mikrobølgestråling:

Since cumulated DNA strand breaks in brain cells can lead to neurodegenerative diseases and cancer and an excess of free radicals in cells has been suggested to be the cause of various human diseases, data from this study could have important implications for the health effects of RFR exposure.

--- Lai H, Singh NP., 1997, p446

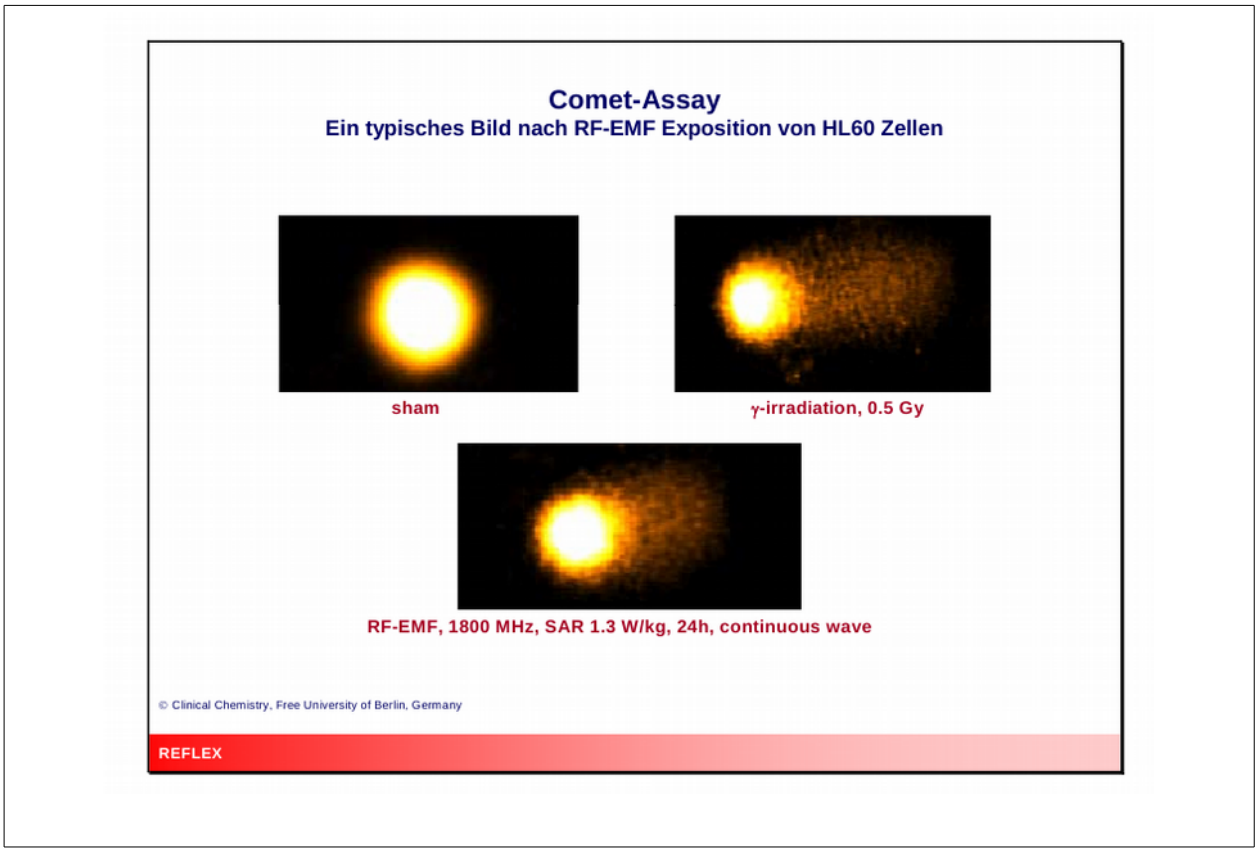
Samtidigt undersøgtes DNA-beskadigelse efter eksponering for magnetfelter i ELF-området, hvilke forårsagede DNA-brud i celler fra rottehjerner på samme måde som mikrobølgestrålingen (Lai H, Singh NP. 1997a). DNA-beskadigelsen som følge af eksponering for ELF-magnetfelter kan tilsvarende blokeres ved antioxidanter (Lai H, Singh NP. 1997b), hvilket indikerer, at den grundlæggende påvirkningsmekanisme har fællestræk uafhængigt af frekvensområde

Et nyere resultat indikerer på samme måde, at jernforbindelser kan være involeret i produktionen af frie iltradikaler ved eksponering for RF-EMF, derved at jernbindende forbindelser blokerer DNA-beskadigelsen

We hypothesize that exposure to a 60-Hz magnetic field initiates an iron-mediated process (e.g., the Fenton reaction) that increases free radical formation in brain cells, leading to DNA strand breaks and cell death. This hypothesis could have an important implication for the possible health effects associated with exposure to extremely low-frequency magnetic fields in the public and occupational environments.

--- Lai H, Singh NP. 2004, p687

Et af de grafisk mest slående eksempler på mikrobølgestrålingens genotoksiske effekt blev publiceret af Frans Adlkofer i forbindelse med REFLEX-rapporten :



Figur 21: Genotoxiske effekter af mikrobølgestråling, Adlkofer, 2004, 2009, p3

Øverst til venstre findes en celle, som ikke er blevet udsat for stråling. Øverst til højre findes en celle, som er blevet udsat for radioaktiv bestråling – svarende ca til 1600 gange røntgenfotografering. Nederst i midten findes en celle, der er blevet udsat for mobilstråling i 24 timer svarende til en SAR-værdi på 1,3 W/kg (almindelig mobiltelefon).

"Tågen" omkring de to bestrålede celler består af fragmenter fra DNA-molekyler, der er slået i stykker af bestrålingen. Det bemærkelsesværdige er således, at den genotoksiske effekt af mobilstrålingen er på niveau med den genotoksiske effekt af den radioaktive bestråling.

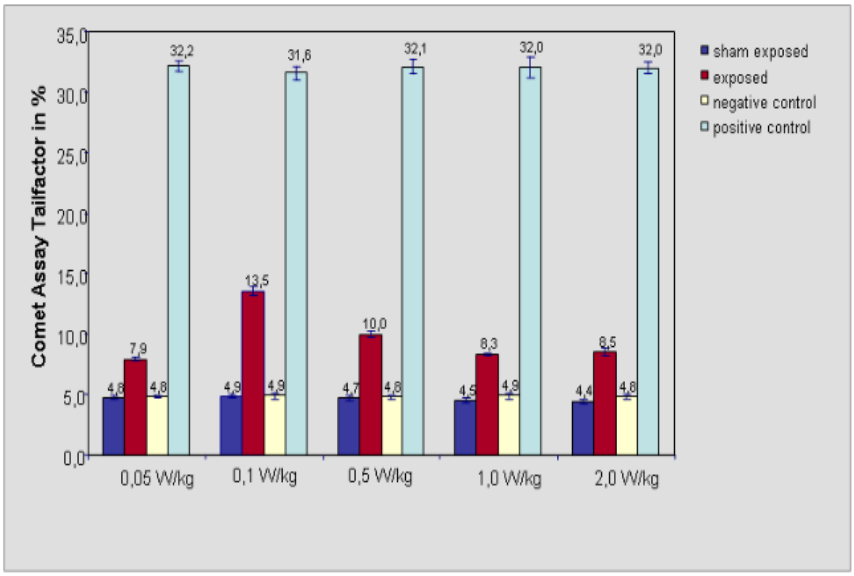
Undersøgelsen er lavet under ledelse af den tyske professor Frans Adlkofer, som efter publiceringen af disse data blev udsat for en lang række forskellige angreb fra modstandere af de pågældende resultater. Blandt andet forsøgte modstandere - anført af Alexander Lerchl - at anklage ham (og en ung laboratorieassistent ved navn Elisabeth Kratochvil) for akademisk uredelighed i forbindelse med rapporten. Nærmere undersøgelser har ikke kunnet påvise nogen tegn på uredelighed; men først for nylig er der blevet sat endelig punktum for sagen, idet Elisabeth Kratochvil sagsøgte Alexander Lerchl for injurier og falsk anklage. Dommen faldt d. 13. marts 2015 og var en utvetydig sejr for Elisabeth Kratochvil.

Adlkofer beskrev senere, på en forelæsning på Harvard University, de injurierende anklager som et resultat af en udstrakt korruption i forbindelse med forskning i mobilstråling:

"The practices of institutional corruption in the area of wireless communication are of enormous concern, if one considers the still uncertain outcome of the ongoing field study with five billion participants. Based on the unjustified trivializing reports distributed by the mass media by order and on account of the wireless communication industry, the general public cannot understand that its future wellbeing and health may be at stake. The people even distrust those scientists who warn.

--- Adlkofer 2011

Mængden af DNA-beskadigelse blev også undersøgt i Reflex-eksperimenterne:



Figur 22: Sammenhængen mellem eksponering og mængden af DNA-beskadigelse (Brud på DNA-strenge) ved UMTS (3G) mobilstråling. De hvide og lyseblå søjler repræsenterer kontrolekspериmenterne (som gerne skal ligge på samme niveau gennem alle eksperimenterne. Virkningen af mikrobølgestrålingen fra mobiltelefonen aflæses ved forskellen mellem de blå (som repræsenterer ikke-eksponerede) og de røde (som repræsentere eksponerede) søjler. Adlkofer, 2009, p5

De genotoksiske effekter er altså synlige allerede ved en SAR-værdi på 0,05W/kg. De fleste kommercielt tilgængelige mobiltelefoners SAR-værdier ligger mellem 1,2 og 1,6 W/kg.

Data viser også, at den genotoksiske effekt er højere ved 0,1 W/kg end ved 2,0 W/kg. Dette forhold kan observeres i mange eksperimenter og skyldes formentlig, at de højere eksponeringsniveauer bedre kan igangsætte cellens forsvarsmekanismer, hvorved en del af skadevirkningerne afværges.

De mange eksperimenter i REFLEX-studiet viste tydelige genotoksiske effekter i niveauer, der burde være genstand for lovgivningsmæssig interesse i forhold til betydelig nedsættelse af grænseværdier. Adlkofer beskriver selv konklusionen således:

LF-EMF and RF-EMF far below the safety limits alter the structure and function of genes in different animal and human cells. In more detail we saw an

- *Increase of single and double DNA strand breaks in human fibroblasts, HL60 cells and granulosa cells of rats, but not in human lymphocytes*
- *An increase of micronuclei and chromosomal aberrations in human fibroblasts*
- *Alterations in gene and protein expression of several cell types, especially in human fibroblasts, human endothelial cells and embryonic stem cells from mice*

(...)
Thus, no doubt is justified anymore, that ELF-EMF, GSM and UMTS signals exert a genotoxic effect on human cells under in vitro conditions.

--- (Adlkofer, 2009, p8)

Imidlertid blev REFLEX-eksperimenterne udsat for kritik, derved at mobilindustrien ikke fandt det påvist, at de genotoksiske skader, som påvistes i cellekulturer i laboratorieforsøg, (*in virtro*) også forekommer i levende organismer (*in vivo*).

Andre eksperimenter har dog senere godtgjort, at de observerede genotoksiske effekter i fuld grad kan påvises i levende organismer. Et af de mest interessante resultater er fra Indien, hvor et forskerteam i 2013 påviste genotoksiske effekter ved mikrobølgestråling (in vivo) ved særdeles lave SAR-værdier (mellem 0,0005835 W/kg og 0,0006672 W/kg).

Results: In the present study, we demonstrated DNA damaging effects of low level microwave radiation in brain. Conclusion: We concluded that low SAR microwave radiation exposure at these frequencies may induce DNA strand breaks in brain tissue.

---Deshmukh, et al., 2013

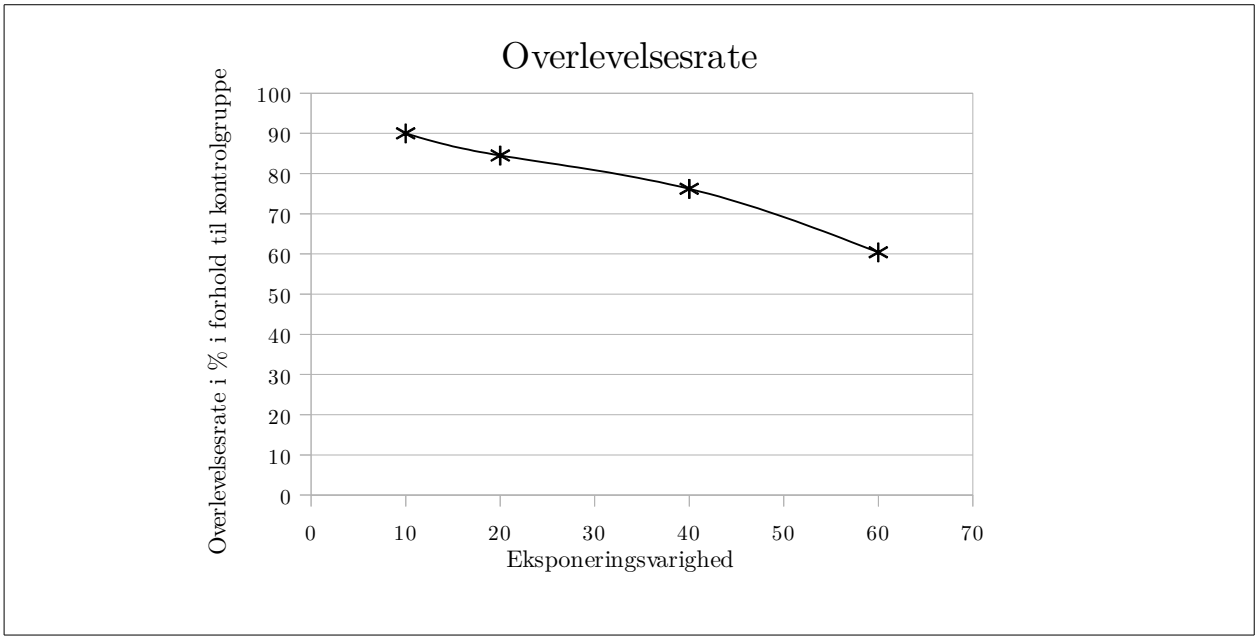
Samtidigt kompliceres udforskningen af genotoksiske virkninger af, at niveauet af genotoksitet kan modificeres af cellens tilpasning til ændrede forhold (adaptive

response), samt at denne forsvarsmekanismes effektivitet tilsyneladende er afhængigt af cellens mitotiske status (Zeni et al., 2012).

Den genotoksiske virkning kan med den moderne forsknings teknologi direkte iagttages på kromosomerne, hvor forskere allerede i 1993 (Garaj-Vrhovac, V., & Fucic, A., 1993) demonstrerede tydelige kromosomforandringer hos personer, der arbejdede med pulseret mikrobølgestråling i forbindelse med reparation af radaranlæg. På trods af den voldsomme og meget tydelige beskadigelse påvist af forskerne er det i øvrigt stadigt væsentligt at bemærke, at selv så drastisk beskadigelse sker ved indirekte påvirkning - forventelig hovedsageligt via frie radikaler - idet den enkelte fotons energi i mikrobølgestrålingen ikke er tilstrækkelig til at bryde bindinger mellem atomer.

Den pulserende radarstråling er sammenlignelig med de pulserende signaler fra moderne mikrobølgebaserede kommunikationsmidler, og selv om intensiteten ikke blev specifikt målt i ovenstående eksempel, har senere forskning (Garaj-Vrhovac, 1999, 2009, Garaj-Vrhovac V, Gajski G, Pažanin S, Sarolić A, Domijan AM, Flajs D, Peraica M., 2010) påvist lignende genotoksiske virkninger ved intensiteter adskillige størrelsesordener under de nuværende grænseværdier.

Andre resultater er endnu mere dramatiske. En forskergruppe (Garaj-Vrhovac V, Horvat D, Koren Z., 1991) eksponerede celler fra hamstere (*Cricetulus griseus)* for mikrobølgestråling og optalte derefter, hvor mange celler, der døde på grund af eksponeringen. Forsøgsopstillingen var konstrueret isotermisk, således at den forudvalgte temperatur opretholdes, for derved at sikre, at man kun måler de non-termiske effekter:



Figur 23: Overlevelsesrate for celler fra hamstere efter mikrobølgeeksponering i non-termiske intensiteter.

Skematisk overblik på grundlag af data fra: Garaj-Vrhovac V, Horvat D, Koren Z., 1991
Eksponeringen i ovenstående eksempel var på 5 W/m^2 ved 7.7 GHz, og overlevelsesraten blev opgjort på grundlag af reproduktionskapaciteten af cellekolonier på et eksponeret substrat. ICNIRPS anbefalede grænseværdi ligger på på $10W/m^2$, hvilket samtidigt vil sige, at der i den observerede cellekultur efter en eksponering på *halvdelen af grænseværdien* kan iagttages 10% celledød allerede efter 10 minutters eksponering. Efter 60 minutters eksponering er næsten 40% af cellerne døde.

Resultaterne er skræmmende,;men man bør være opmærksom på, at skadevirkningerne her er demonstreret under laboratorieforsøg - resultaterne betyder ikke, at et menneske, der udsættes for mikrobølgestråler, mister næsten halvdelen af sine celler efter 60 minutters eksponering; men de meget dramatiske resultater påviser dog med særdeles stor tydelighed en betydelig skadevirkning, som de nuværende grænseværdier ikke tager højde for. DNA-beskadigelse er tæt forbundet med udvikling af kræftceller - selv en lille risiko kan derfor have betydelig og livsomvæltende betydning for et stort antal mennesker.

Mobiltelefoner sender med variabel sendestyrke, men under visse omstændigheder kommer eksponeringen ganske tæt på grænseværdierne:

Hvis der er dårlige sende/modtageforhold for mobiltelefoner, kan strålingseksponeringen komme op et niveau, der ligger lige under de anbefalinger, som ICNIRP giver for befolkningen som helhed. I gennemsnit, og ved normale forhold, er eksponeringen dog betydeligt lavere.

---Arbejdstilsynet, At-vejledning D.6.1.1.

Som vist ovenfor kan der opstå betydelige DNA-skader allerede ved eksponeringsniveauer langt under grænseværdierne. Både mobiltelefoner og andre trådløse enheder - som DECT og WiFi bruger pulserede mikrobølgestråler, så skadevirkningerne genfindes ved mange eksponeringskilder.

I et eksperiment fra 2012 undersøgte en forskergruppe (Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. 2012)virkningerne af mikrobølgestrålingen fra kommercielt tilgængelige trådløse (WiFi) accespoints på rotter. Rotterne blev eksponeret i 24 timer pr dag over 20 uger. Der kunne efterfølgende observeres signifikant ($p < 0.05$) stigning i markører (8-oxo-dG) for DNA-skader og ændringer, der antydede enzympåvirkning. På baggrund deraf advarer forskerne om skadevirkningerne:

These findings raise questions about the safety of radiofrequency exposure from Wi-Fi Internet access devices for growing organisms of reproductive age, with a potential effect on both fertility and the integrity of germ cells.

--- Atasoy, et al., 2012, p223

Virkningerne er ikke begrænsede til rotter. I 2012 udførtes et eksperiment (Avendaño C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF. 2012), hvor virkningen på menneskelig sperm blev undersøgt, idet spermen blev udsat for mikrobølgestrålingen fra en WiFi-forbundet computer i 4 timer. Der kunne iagttages nedsat bevægelighed og øget DNA-fragmentering for den del af spermen, der blev udsat for mikrobølgestrålingen:

To our knowledge, this is the first study to evaluate the direct impact of laptop use on human spermatozoa. Ex vivo exposure of human spermatozoa to a wireless internet-connected laptop decreased motility and induced DNA fragmentation by a nonthermal effect. We speculate that keeping a laptop connected wirelessly to the internet on the lap near the testes may result in decreased male fertility. Further in vitro and in vivo studies are needed to prove this contention.

--- Avendaño C, et al., 2012, p39

DNA-beskadigelse kan også påvises i celler fra knoglemarven hos eksponerede rotter (Atlı Şekeroğlu Z, Akar A, Sekeroğlu V., 2013). Strålingskilden var 900MHz (mobiltelefoni). Eksponeringsmønstret var 2 timer pr dag i 45 dage ved SAR= 0.38-0.78 W/kg. Der kunne efterfølgende måles betydelige skadevirkninger på både celledeling, cellulære strukturer og kromosomer, men effekten var mere udtalt hos rotteunger end hos fuldvoksne rotter:

The exposure of RF-EMF leads to cytotoxic and genotoxic damage in immature and mature rats. More sensitive studies are required to elucidate the possible carcinogenic risk of EMF exposure in humans, especially children.

--- Atlı Şekeroğlu Z, Akar A, Sekeroğlu V., 2013, p985

I et andet eksperiment (Paulraj R, Behari J., 2006) blev virkningen af mikrobølgestråling på rottehjerne i udviklingsstadiet undersøgt. Eksponeringsmønsteret var 2,45GHz og 16,5GHz mikrobølgestråling ved SAR=1,0-2,01 W/kg i 35 dage. DNA-beskadigelsen kunne efterfølgende kvantificeres via "comet assay"-teknikken, hvorved der påvistes en særdeles signifikant ($p<0.001$) forøget forekomst af DNA-beskadigelse blandt de eksponerede rotter.

DNA-beskadigelsen kan iagttages hos mennesker umiddelbart efter eksponering. Første gang, det blev undersøgt, var i 2005, hvor en indisk forsker (Gandhi G, 2005) undersøgte sammenhængen mellem eksponering for mikrobølgestråler i non-termiske intensiteter og DNA-beskadigelse. Der registreredes signifikant DNA-beskadigelse hos brugere af mobiltelefoner i forhold til sammenlignelige personer uden mobiltelefonforbrug. Gennemsnitligt var 39,75% af de undersøgte celler hos personerne med daglig benyttelse af mobiltelefoner beskadigede. Resultaterne kunne replikeres og udvides i et senere eksperiment (Gandhi G, Singh P. 2005), hvor der kunne påvises både

genetoksiske og cytotoksiske egenskaber ved mikrobølgestrålingen fra mobiltelefoner hos daglige brugere af mobiltelefoni.

There is a potential for a very large worldwide public health impact in the wake of the results of this study and calls for interim public health protective measures.

--- Gandhi, G., 2005, p103

I et senere eksperiment fra 2012 (Cam ST, Seyhan N., 2012) undersøgte et forskerhold DNA-beskadigelse i celler fra hårrødderne hos mennesker, der anvendte mobiltelefoni. Der blev indsamlet hårprøver før og inden eksponeringen. Eksponeringsvarigheden var 15 og 30 minutter, og eksponeringskilden var en 900MHz GSM mobiltelefon. Allerede efter 15 minutters eksponering kunne der iagttages signifikant ($p<0,05$) forhøjet niveau af DNA-beskadigelse. Mængden af DNA-beskadigelse øgedes med eksponeringsvarigheden:

A short-term exposure (15 and 30 minutes) to RFR (900-MHz) from a mobile phone caused a significant increase in DNA single-strand breaks in human hair root cells located around the ear which is used for the phone calls.

--- Cam ST, Seyhan N. 2012, p420

DNA-beskadigelse ved eksponering for mikrobølgestråling i de intensiteter, der forekommer ved normal benyttelse af mobiltelefoner, er således påvist i flere forskellige celletyper. Faktisk er DNA-beskadigelse som følge af eksponering for mikrobølgestråling fra kommunikationsteknologi i dag tilstrækkeligt dokumenteret, til at flere forskerhold allerede er igang med at undersøge, hvorvidt de DNA-beskadigende virkninger kan mindskes med kendte stoffer. Et af disse eksperimenter er fra 2009, hvor man undersøgte eventuelle beskyttende virkninger ved honningbiens gift i forhold til DNA-beskadigelse som følge af mikrobølgestråling i nontermiske intensiteter (Gajski G, Garaj-Vrhovac V., 2009). Forskerne kunne registrere DNA-beskadigelse i lymfocytter fra de anvendte rotter allerede ved SAR= 0,6 W/kg, men små mængder af honningbiens gift havde en beskyttende virkning i forhold til de oxidative skader, som medførte DNA-beskadigelsen.

Et andet af sådanne eksperimenter er fra 2011, hvor et forskerhold (Esmekaya MA, Aytekin E, Ozgur E, Güler G, Ergun MA, Omeroğlu S, Seyhan N., 2011) undersøgte den DNA-beskadigende virkning af 1,8GHz GSM og samtidigt evaluerede eventuelle gavnlige effekter af ekstrakter fra Ginkgo biloba i forhold til denne DNA-beskadigelse.

Der blev anvendt hvide blodlegemer til eksperimentet, og disse blev eksponeret i 6, 8, 24 og 48 timer. Efter eksponeringen kunne der iagttages omfattende beskadigelse af organelstrukturer, DNA og mitokondrier i de bestrålede celler. For de længst eksponerede celler kunne endvidere iagttages membranbeskadigelser og nedbrydning af

celleslimen. Det viste sig samtidigt, at et specifikt udtræk (EGb 761) fra Ginkgo biloba havde en vis forebyggende effekt på skadevirkningerne:

The results of our study showed that RF radiation affects cell morphology, increases SCE and inhibits cell proliferation. However, EGb 761 has a protective role against RF induced mutagenity. We concluded that RF radiation induces chromosomal damage in hPBLs but this damage may be reduced by EGb 761 pre-treatment.

--- Esmekaya, et al., 2011, p59

Muligvis kan overlejring af et stokastisk elektromagnetisk felt til mikrobølgestrålingen mindske skadevirkningerne (Wu W, Yao K, Wang KJ, Lu DQ, He JL, Xu LH, Sun WJ., 2008; Yao K, Wu W, Wang K, Ni S, Ye P, Yu Y, Ye J, Sun L., 2008)

Et forskerhold fra Kina (Liu C, Gao P, Xu SC, Wang Y, Chen CH, He MD, Yu ZP, Zhang L, Zhou Z. 2013) kunne ligeledes påvise, at melatonin har en beskyttende effekt i forhold til DNA-beskadigelse observeret i sædceller fra mus efter eksponering for mikrobølgestråling fra en mobiltelefon:

The levels of DNA damage were significantly increased following exposure to MPR [Mobile Phone Radiation] in the listen, dialed and dialing modes. Moreover, there were significantly higher increases in the dialed and dialing modes than in the listen mode. Interestingly, these results were consistent with the radiation intensities of these modes. However, the DNA damage effects of MPR in the dialing mode were efficiently attenuated by melatonin pretreatment.

--- Liu, et al., 2013, p993

Forskerne foreslår videre, at deres resultat kan have farmakologiske perspektiver, i den betydning at man vil kunne udvikle medicin, der kan modvirke DNA-beskadigelsen som følge af eksponering for mikrobølgestråling fra trådløst kommunikationsudstyr.
Fra et etisk perspektiv forekommer det dog særdeles problematisk, at samfundet udsætter borgerne for en så høj grad af DNA-beskadigende mikrobølgestråling, at man fra forskningsmæssig side finder det relevant at beskæftige sig med udvikling af farmokologiske løsninger til at modvirke skadeeffekterne.

Skadevirkningerne på DNA kan også påvises hos andre dyrearter. I et eksperiment fra 2012 eksponeredes celler fra kalvebrissel for mobillignende mikrobølgestråling (940MHz ved SAR=40mW/kg). Det påvises (Hekmat A, Saboury AA, Moosavi-Movahedi AA. 2013), at mikrobølgestrålingen beskadiger DNA-strukturen bemærkelsesværdigt, samt at der forekommer irreversible ændringer i DNA-molekylernes størrelse og overfladeladning. Resultaterne understreger, at der forekommer væsentlige og vidtrækkende DNA-beskadigelse ved eksponering for mikrobølgestråling langt under nuværende grænseværdier.

Collectively, our results reveal that 940MHz can alter the structure of DNA. The displacement of electrons in DNA by EMFs may lead to conformational changes of DNA and DNA disaggregation. Results from this study could have an important implication on the health effects of RF-EMFs exposure.

--- Hekmat A, et al., 2013, p35

Nogle få minutters daglig eksponering for 900MHz GSM eller 1800MHz DCS i de 6 første dage af bananfluers voksne liv er ligeledes tilstrækkeligt til at måle DNA-fragmentering (Panagopoulos DJ, Chavdoula ED, Nezis IP, Margaritis LH. 2007). Der kunne endvidere måles forøget celledød, mindsket æglægning og skadevirkninger i alle stadier af ægdannelsen. Eksperimentet replikerede i øvrigt tidligere forskning med lignende resultater (Panagopoulos, D.J., Messini, N., Karabarbounis, A., Philippetis, A.L., Margaritis, L.H., 2000; Panagopoulos, D.J., Karabarbounis, A., Margaritis, L.H., 2004)

Det er bemærkelsesværdigt, at en stor del af de påviste skadevirkninger forekommer i forbindelse med reproduktion eller udvikling af organismen. Dette forhold genfindes i mange andre eksperimenter, eksempelvis et rotteforsøg fra 2012 (Sekeroğlu V, Akar A, Sekeroğlu ZA. 2012), hvor både fuldt udvoksede og endnu ikke udvoksede rotter eksponeredes for 1800MHz mobillignende mikrobølgestråling ved SAR=0,37-0,49W/kg i to timer om dagen i 45 dage. Der kunne påvises cellebeskadigelse (kromosomfejl, celledelingsfejl og formidsket celledeling) både ved udvoksede og endnu ikke udvoksede rotter, men effekten var størst hos de endnu ikke udvoksede:

The cytogenotoxic damage was more remarkable in immature rats and, the recovery period did not improve this damage in immature rats. Because much higher and irreversible cytogenotoxic damage was observed in immature rats than in mature rats, further studies are needed to understand effects of EMF on DNA damage and DNA repair, and to determine safe limits for environment and human, especially for children.

--- Sekeroğlu V, Akar A, Sekeroğlu ZA. 2012, p 140

Modulationsspecifikke genotoksiske virkninger

Visse modulationsformer i RF-EMF giver anledning til større biologiske skadevirkninger end andre modulationsformer. Tilsvarende er det samtidigt påvist, at visse celletyper er mere modtagelige for påvirkningen end andre. Fra et samfundsmæssigt perspektiv er det af uhyre stor betydning, at man etablerer en stærk forskningsmæssig indsats, der kan klarlægge de forskellige sammenhænge og reaktionsformer, idet en sådan viden ikke blot vil resultere i mere hensigtsmæssige grænseværdier for mikrobølgeksponering generelt, men forventeligt også vil afføde yderligere forståelse for RF-EMF mulige potentiale i terapeutisk henseende. I mange andre sammenhænge har fuld udforskning af et givet bioreaktivt stof efterfølgende givet anledning til, at pågældende substans kan anvendes i positiv henseende i terapeutisk øjemed - man må således forvente, at tilvejebringelse af en mere fuldstændig forståelse af interaktionen mellem RF-EMF og biologiske systemer på det cellulære og kvanteelektrodynamiske niveau vil have et uafdækket potentiale i både strålingshygiejnisk/profylaktisk henseende og i terapeutisk øjemed.

Den pulserende egenskab ved mikrobølgestrålingen fra moderne trådløs kommunikationsteknologi er forventeligt baggrunden for hovedparten af de bioreaktive egenskaber.

Oscillation is also a universal phenomenon, and biological systems of the heart, brain and gut are dependent on the cooperative actions of cells that function according to principles of non-linear, coupled biological oscillations for their synchrony. They are dependent on exquisitely timed cues from the environment at vanishingly small levels.

Altered 'informational content' of environmental cues can swamp natural electromagnetic cues and result in dysregulation of normal biological rhythms that direct growth, development, metabolism and repair mechanisms.

Pulsed electromagnetic fields (PEMF) and radiofrequency radiation (RFR) can have the devastating biological effects of disrupting homeostasis and desynchronizing normal biological rhythms that maintain health.

Non-linear, weak field biological oscillations govern body electrophysiology, organize cell and tissue functions and maintain organ systems. Artificial bioelectrical interference can give false information (disruptive signaling) sufficient to affect critical pacemaker cells (of the heart, gut and brain) and desynchronize functions of these important cells that orchestrate function and maintain health
--- Sage C., 2015 (epub - doi: 10.1515/reveh-2015-0007)

Mikrobølgestråling med pulserende (50Hz) amplitude-moduleret bølgeform forårsager DNA-fragmentering i rotters hjerneceller allerede efter 20 minutters eksponering ved feltintensitet på 10 V/m (Campisi et al., 2010). Bemærk i denne henseende, at

grænseværdien i DK er 61 V/m.

The irradiation conditions allowed the exclusion of any possible thermal effect. Our data demonstrate, for the first time, that even acute exposure to low intensity EMF induces ROS production and DNA fragmentation in astrocytes in primary cultures, which also represent the principal target of modulated EMF.

---Campisi et al., 2010, p 52

Tilsvarende resultater findes hos et andet forskerhold (Franzellitti et al., 2010), der undersøgte virkningen af mikrobølgestråling på celler fra moderkagen. Cellerne blev eksponeret for tre typer af 1,8GHz mikrobølgestråling i 4, 16 og 24 timer, nemlig GSM (pulseret med 217Hz), intermittent GSM(5 minutter tændt, 10 minutter slukket) og umoduleret bærebølge. Der kunne efterfølgende iagttages DNA-beskadigelse hos de celler, der blev eksponeret for GSM-mikrobølgestrålingen, mens den rene bærebølge (af samme intensitet) ikke forårsagede skader:

The amplitude-modulated signals GSM-217 Hz and GSM-Talk induced a significant increase in comet parameters in trophoblast cells after 16 and 24h of exposure, while the un-modulated CW was ineffective.

--- Franzellitti et al., 2010, p35

Den bioreaktive virkning af pulseret mikrobølgestråling kan også måles i immunforsvarsceller i regnorme, hvor pulseringen forstærker mikrobølgestrålingens potentiale for DNA-beskadigelse:

All exposure treatments induced significant genotoxic effect in earthworms coelomocytes detected by the Comet assay, demonstrating DNA damaging capacity of 900MHz electromagnetic radiation. Field modulation additionally increased the genotoxic effect.
--- Tkalec et al., 2013, p7

En relateret virkning kan måles i nerveceller fra rotter (Zhang et al., 2008) i et eksperiment, hvor cellerne kontinuerligt og intermittent blev eksponeret for 1,8GHz i 6 og 24 timer ved SAR = 2 W/kg. Bioreaktiviteten af mikrobølgebestrålingen kunne aflæses i genekspressionen, hvor der ud af 1200 undersøgte gener blev iagttaget opregulering af 24 gener og nedregulering af 10 andre gener:

The changes of many genes transcription were involved in the effect of 1.8 GHz RF EMF on rat neurons; Downregulation of Egr-1 and up-regulation of Mbp, Plp indicated the negative effects of RF EMF on neurons; The effect of RF intermittent exposure on gene expression was more obvious than that of continuous exposure; The effect of 24 h RF exposure (both intermittent and continuous) on gene expression was more obvious than that of 6 h (both intermittent and continuous).

--- Zhang et al., 2008, p449

Ændringer af genekspressionen er dog i andre eksperimenter registreret ved langt lavere

eksponeringsværdiger, eksempelvis er der påvist (Nittby H, Widegren B, Krogh M, Grafström G, Berlin H, Rehn G, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR, Salford L. 2008) ændringer i genekspression i hjerneceller fra rotter efter eksponering for 1800MHz GSM i 6 timer ved SAR=13mW/kg

Et andet interessant resultat er fra 2009, hvor et forskerhold (López-Martín E, Bregains J, Relova-Quinteiro JL, Cadarso-Suárez C, Jorge-Barreiro FJ, Ares Pena FJ., 2009) påviste, at GSM-lignende mikrobølgestråling og umoduleret mikrobølgestråling (i samme intensitet) bevirker forskellige ændringer i genekspressionen i hjerneceller hos rotter:

These results suggest a specific effect of the pulse modulation of GSM radiation on brain activity of a picrotoxin-induced seizure-proneness rat model and indicate that this mobile-phone-type radiation might induce regional changes in previous preexcitability conditions of neuronal activation.

--- López-Martín et al., 2009, p1484

Samtidigt er der forskel i pulseringsstrukturen på de forskellige typer af mobilteknologier, hvorfor visse typer af mobilsignaler kan påvirke anderledes end andre. Eksempelvis udførte et forskerhold (Belyaev IY, Markovà E, Hillert L, Malmgren LO, Persson BR., 2009) i 2009 et eksperiment for at klarlægge genotoksiske effekter fra GSM og UTMS (3G-mobiltelefoni). Eksperimentet blev foretaget på grundlag af lymfocytter fra raske personer og fra personer med hypersensitivitet overfor elektromagnetiske felter. Resultaterne viste, at både GSM og UTMS forårsager varige skader på cellens evne til at reparere dobbeltsidige brud på DNA-strengen hos både raske personer og hypersensitive personer, mens mikrobølgestrålingens effekt på en specifik reparationsmekanisme var forskellig mellem raske og hypersensitive personer.

Here, we report for the first time that UMTS MWs affect chromatin and inhibit formation of DNA double-strand breaks co-localizing 53BP1/gamma-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons and confirm that effects of GSM MWs depend on carrier frequency.

Remarkably, the effects of MWs on 53BP1/gamma-H2AX foci persisted up to 72 h following exposure of cells, even longer than the stress response following heat shock.

The data are in line with the hypothesis that the type of signal, UMTS MWs, may have higher biological efficiency and possibly larger health risk effects compared to GSM radiation emissions.

--- Belyaev, et al., 2009, p129

De forskellige signalstrukturer i en GSM-transmission har også forskellig virkning i forhold til genotoksiske og genekspressionsmæssige virkninger. Et nyere eksperiment (Valbonesi P, Franzellitti S, Bersani F, Contin A, Fabbri E., 2014) påviste, at GSM-signal moduleret med 217Hz (normal samtale) ændrer genekspressionen for HSP70, mens andre segmenter af GSM-signalet (lytte) og umodulerede mikrobølger i samme frekvens

ikke forårsager samme virkninger:

The positive effect on HSP70 mRNA expression, observed only in cells exposed to the GSM-217Hz signal, is a repeatable response previously reported in human trophoblast cells and now confirmed in PC12 cells. Further investigations towards a possible role of 1.8 GHz signal modulation are therefore advisable.
--- Valbonesi, et al, 2014, p382

Andre eksperimenter har fokuseret på, hvorvidt mængden af DNA-beskadigelse afhænger af, om eksponeringen er kontinuerlig eller intermittent. Et resultat fra 2010 påviser DNA-beskadigelse ved 6 minutters daglig kontinuerlig eksponering - og ved forskellige intermittens-mønstre med samme daglige varighed.

Intermittent exposures with 10-min intervals between exposure sessions proved to be almost equally effective as continuous exposure of the same total duration, whereas longer intervals between the exposures seemed to allow the organism the time required to recover and partly overcome the above-mentioned effects of the GSM exposure.
--- Chavdoula ED, Panagopoulos DJ, Margaritis LH. 2010, p51

Resultatet af et eksperiment fra 2011 antyder endvidere, at modulation/bølgeform har langt større indflydelse på mængden af skadevirkninger end frekvens og eksponeringstid (Giorgi G, Marcantonio P, Bersani F, Gavoçi E, Del Re B. 2011). Eksperimentet var baseret på eksponering af bakterier for lavfrekvente magnetfelter, og her kunne iagttages, at frekvens (20, 50, 75 Hz) og eksponeringstid (15min, 90min) ikke havde afgørende effekt på DNA transposition - den afgørende effekt var derimod, om bølgeformen var sinusoidal eller pulseret. Resultatet støttes af et lidt ældre eksperiment (d'Ambrosio G, Massa R, Scarfi MR, Zeni O. 2002), hvor der kunne påvises signifikant DNA-beskadigelse ved fase-moduleret (GMSK, Gaussian minimum shift keying), men ikke ved TDMA (time domain multiple access) modulering.

Forskningen indenfor området kompliceres dog yderligere, idet eksponeringsforhold ved egentlig benyttelse af mikrobølgebaserede kommunikationsmidler og simulerede eksponeringer ved laboratorieforsøg er væsensforskellige:

Real mobile phone emissions are constantly and unpredictably varying and thus are very different from simulated emissions which employ fixed parameters and no variability. This variability is an important parameter that makes real emissions more bioactive. Living organisms seem to have decreased defense against environmental stressors of high variability. While experimental studies employing simulated EMF-emissions present a strong inconsistency among their results with less than 50% of them reporting effects, studies employing real mobile phone exposures demonstrate an almost 100% consistency in showing adverse effects. This consistency is in agreement with studies showing association with brain tumors, symptoms of unwellness, and declines in animal populations.
--- Panagopoulos, Johansson, Carlo, 2015, (Epub før udgivelse, Article ID 607053)

Der er samtidigt eksperimenter (Kim J, Yoon Y, Yun S, Park GS, Lee HJ, Song K., 2012), der indikerer, at mængden af DNA-skader er styret af de mønstre, der forekommer i DNA-molekylet, når det udsættes for Lorentz-kræfter og Foucault-strømme som følge af det eksterne elektromagnetiske felt (60 Hz magnetfelt ved 7 mT i 10-60 min).

I eksperimentet observeredes ingen produktion af frie radikaler, hvilket understreger, at de registrerede dobbeltsidige DNA-brud i dette eksperiment skyldes direkte interaktioner med magnetfeltet styret af Lorentz-kræfter og Foucault-strømme.

Celletype-specifikke virkninger

Forskellige typer af celler reagerer forskelligt på eksponering for radiofrekvent elektromagnetisk stråling - eksempelvis kan der for visse celletyper (EA.hy926) registreres signifikante ændringer i proteinekspressionen ved eksponering for 900MHz GSM, men ikke ved eksponering for 1800MHz GSM (Nylund, R., Kuster, N., Leszczynski, D., 2010). Samtidigt påviste et andet eksperiment, at cellens metabolske niveau er afgørende for bioreaktiviteten for en given eksponering (Gerner C, Haudek V, Schandl U, Bayer E, Gundacker N, Hutter HP, Mosgoeller W. 2010).

Der udførtes i 2006 et banebrydende eksperiment (Nylund R, Leszczynski D., 2006) angående celletype-specifikke reaktioner, hvor to forskellige cellekulturer blev eksponeret for GSM-mikrobølgestråling (SAR=2,8W/kg) og efterfølgende undersøgt i forhold til genekspression og proteinekspression.

Mikrobølgestrålerne ændrede genekspressionen og proteinekspressionen; men det væsentlige i eksperimentet var, at disse ændringer var forskellige afhængig af celletypen - og formentlig også afhængige af cellens proteinsammensætning

På cellulært niveau kan der i øvrigt optræde en form for tilpasning til forekomsten af en given gift eller uhensigtsmæssig påvirkning. Denne tilpasning benævnes AR - (adaptive response) og er iagttaget i forbindelse med mikrobølgestråling og DNA-beskadigelse (Jiang B, Nie J, Zhou Z, Zhang J, Tong J, Cao Y. 2012). Ved fortsat eksponering iværksættes forskellige forsvarsmekanismer, således at en efterfølgende eksponering for samme dosis ikke vil afstedkomme samme virkning som indledningsvis registreret.

Et senere eksperiment (Zhao R, Zhang S, Xu Z, Ju L, Lu D, Yao G. 2007) viste tilsvarende, at nerveceller er mere modtagelige for påvirkning fra mikrobølger end astrocytter (en slags "hjælpeceller" i centralnervesystemet)

Et andet resultat fra 2008 påviste, at eksponering for mikrobølger fra 3G (UMTS) mobiltelefoni ved 1950MHz ved SAR ≤ 2W/kg forårsager større skade på celler fra bindevævet end på hvide blodlegemer (Schwarz C, Kratochvil E, Pilger A, Kuster N, Adlkofer F, Rüdiger HW., 2008)

Et nyere resultat viser tilsvarende genotoksiske virkninger af 1800MHz GSM ved SAR=3 W/kg for celler fra menneskeligt bindevæv og celler fra hamsterlunger, men ikke ved flere andre typer celler (Xu S, Chen G, Chen C, Sun C, Zhang D, Murbach M, Kuster N, Zeng Q, Xu Z. 2013)

Forskellige celle-typer reagerer således forskelligt på samme eksponering. Ud over at dette forhold selvfølgelig understreger dybden af den kompleksitet, der findes i forhold til interaktionsmuligheder mellem elektromagnetisk stråling og biologiske systemer, giver resultatet formentlig samtidigt indblik i, hvorfor der eksperimentelt kan være stor uenighed mellem forskellige laboratorier og forskere om specifikke virkninger af RF-EMF på biologiske systemer.

Kapitel 4 - Carcinogene virkninger

Carcinogene virkninger

WHO kategoriserer mikrobølgestråling som et 2B carcinogen:

Skadevirkningerne af mikrobølgestråling på levende væv har været kendte meget længe - blandt andet i forbindelse med militære forsøg i 60'erne og 70'erne, og allerede tidligt konstateredes det, at et forholdsvis lavt niveau af mikrobølgestråling kan virke direkte dræbende på mikroorganismer (Vela, et al., 1979).

I takt med at flere og flere forskningsresultater således påviser forskellige helbredsskadelige effekter af mikrobølgestråling, har emnet fået større politisk bevågenhed, foreløbigt kulminerende med WHO's kategorisering (2B) af sådanne strålingsformer som muligt kræftfremkaldende (IARC 2011).

Kategoriseringen af RF-EMF (fra 30kHz til 300GHz) som 2B carcinogen blev foretaget på grundlag af en vid række af videnskabelige resultater, hvoraf epidemiologiske undersøgelser fra den svenske Hardell-gruppe var en del af hovedgrundlaget.

Optagelse på IARC's lister vil normalt betyde, at de nationale myndigheder efterfølgende udarbejder mere særskilte retningslinier for at beskytte befolkningen mod eksponering for pågældende stof eller substans. De fleste af stofferne på 2B-listen er således undergivet forholdsvis rigid myndighedskontol. Nogle eksempler fra listen er bly, udstødningsgasser, styren, svejserøg, bitumen, kloroform, etc.

I denne sammenhæng forekommer det særdeles problematisk, at man fra myndighedsside undlader iværksættelse af tiltag, der er egnede til at beskytte befolkningen mod eksponering for mikrobølgestrålingen - især set i forhold til opfordringen fra Det Europæiske Miljøagentur, hvor man anbefaler anvendelse af Forsigtighedsprincippet i forhold til mere restriktive tiltag for at mindske borgernes eksponering for pulseret mikrobølgestråling.

Kategoriseringen af RF-EMF som muligt kræftfremkaldende skete i maj 2011, men i de forløbne år er der sidenhen publiceret en del interessante resultater, hvorfor det er den fremherskende holdning blandt de involverede forskere, at en revurdering i dag ville medføre kategorisering i gruppe 1:

"Based on Hill's viewpoints and his discussion on how these issues should be used, the conclusion of this review is that glioma and acoustic neuroma are caused by RF-EMF emissions from wireless phones. According to the IARC Preamble, the classification should be Group 1, i.e., 'the agent is carcinogenic to humans', and urgent revision of current guidelines for exposure is needed." (...) "Because of the widespread use of wireless technology, even a small risk increase would have serious public health consequences."

--- Hardell, Lennart., Carlberg, Michael, 2013

Vigtige epidemiologiske resultater siden klassificeringen:

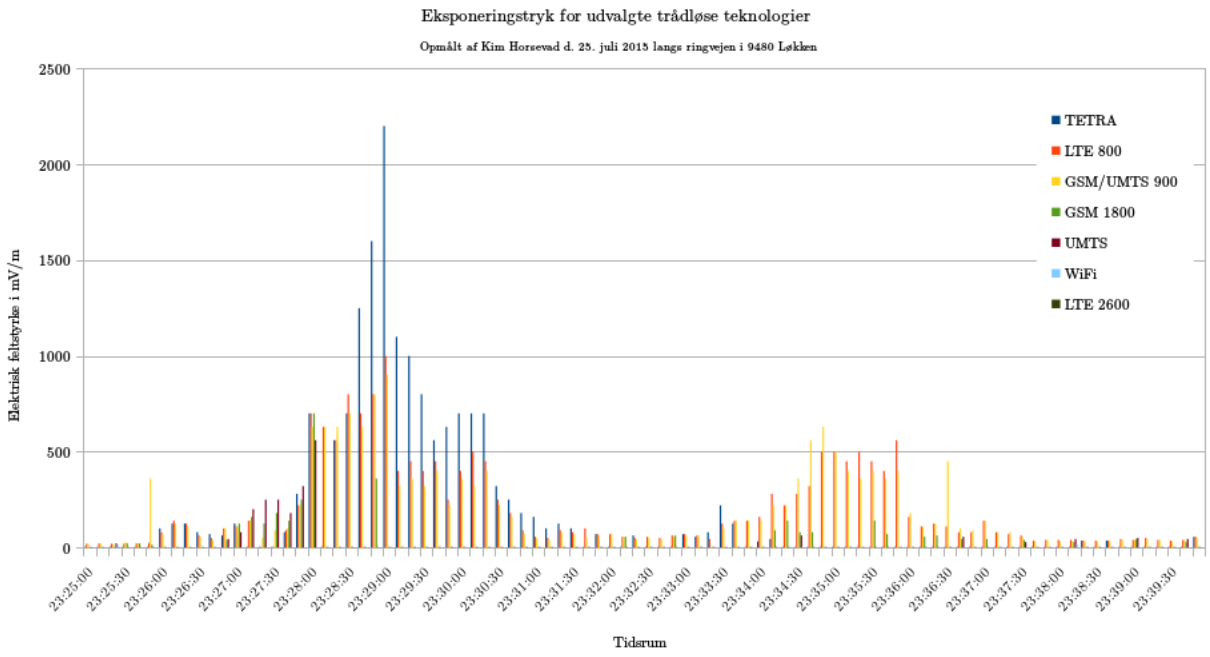
Især to forhold er væsentlige i forbindelse med epidemiologiske undersøgelser af helbredsvirkninger fra mikrobølgestråler fra mobiltelefoner.

Epidemiologiske undersøgelser baserer sig grundlæggende på at sammenligne antal af forekomster af en specifik sygdom mellem to befolkningsgrupper, een gruppe der har været udsat for det stof eller påvirkning, man ønsker at undersøge, og een gruppe, der ikke har været udsat for pågældende stof.

Herved står det klart, hvor vanskeligt det er at lave epidemiologisk forskning, der påviser helbredsmæssige virkninger af mikrobølgestråler fra mobiltelefoner, idet det vil være tæt på umuligt at lokalisere større befolkningsgrupper, som ikke på den ene eller anden måde eksponeres for mikrobølgestråler fra mobiltelefoner eller lignende. Den reelle risiko vil derfor meget let kunne undervurderes væsentligt i epidemiologiske studier.

Hvis en person, som ikke bruger mobiltelefon, men derimod bor i et område med meget højt eksponeringstryk, udvælges som deltager i en sådan undersøgelse, vil en eventuel sygdom hos vedkommende (udviklet på baggrund af det høje eksponeringstryk i området) ikke tælle med som eksponeringsinduceret sygdom i en epidemiologisk undersøgelse, som beskæftiger sig med anvendelse af mobiltelefoner.

Eksponeringstrykket er desværre ganske højt i Danmark:



Figur 24: Eksponeringstryk for udvalgte trådløse teknologier opmålt langs ringvejen i 9480 Løkken

Idet det erindres, at eksponeringsniveauet efter SBM2008 bør ligge under 6,1 mV/m kan det umiddelbart iagttages, at beboerne i området omkring den opmålte ringvej udsættes for et særdeles højt samlet eksponeringstryk. Løkken er en forholdsvis lille by (ca 1500 indbyggere) - i større byer vil det samlede eksponeringstryk selvfølgelig være endnu højere.

Epidemiologiske undersøgelser af farligheden af mikrobølgestrålingen fra trådløse teknologier er således kraftigt besværliggjort, idet langt hovedparten af befolkningen konstant udsættes for et eksponeringsniveau, der er signifikant højere end forskningsforankrede biologiske referenceværdier (Bioinitiative 2012, SBM2008).

Det omfattende eksponeringstryk for den almene befolkning indikerer således, at når epidemiologisk forskning finder forøget kræftrisiko ved mobilanvendelse er der en reel risiko for, at den samlede kræftrisiko ved samfundets anvendelse af mikrobølgebaserede kommunikationsteknologier er betydeligt større.

En anden besværlighed i sådanne undersøgelser består i latenstiden, altså tiden fra påvirkning til sygdomsudbrud/diagnosticering. I forhold til udvikling af kræft regnes latenstiden ofte mellem 15 og 45 år.

Denne lange latenstid er grunden til, at mange (herunder chefen for det russiske strålebeskyttelsesinstitut) har døbt den nuværende systematiske udrulning af mikrobølgeteknologier som menneskehedens største sundhedseksperiment, derved at man på nuværende tidspunkt har robuste indikationer på helbredsskadelig effekt, men ikke har nogen form for videnskabeligt grundlag for at vurdere, om dødsfaldene på grund af mikrobølgeteknologien skal tælles i tusinder, millioner eller milliarder.

Den nyeste undersøgelse (Morgan, L. Lloyd; Miller, Anthony B.; Sasco, Annie; Davis, Devra Lee. 2015) af problemstillingen, er en metanalyse omfattende forskellige nyere epidemiologiske resultater på området. Forskerne konkluderer på den baggrund, at sammenhængen mellem hjernekræft og anvendelse af mikrobølgebaserede kommunikationsmidler (mobiltelefoner og trådløse telefoner) er så omfattende, at IARCs klassificering burde opgraderes til 2A:

The CERENAT study corroborates the significant risks of glioma associated with exposure to radiofrequency fields reported by the Swedish team and by the 13-country INTERPHONE study, and adds weight to the epidemio- logical evidence that radiofrequency fields, classified by the International Agency for Research on Cancer as a Group 2B (possible) carcinogen in 2011 should be reclassified as a Group 2A (probable) carcinogen.

---Morgan, et al., 2015, p1870

En svensk forskergruppe (kaldet Hardell-gruppen) har foretaget en række af undersøgelser, der formentlig - for øjeblikket - er de mest komplette kortlægninger af forbindelse mellem hjernekræft og mikrobølgestråling fra moderne kommunikationsmidler.

Et af de væsentligste resultater blev publicert i 2013, hvor der påvises signifikant forhøjet (ipsilateral kummuleret brug ≥1640h: OR=2.55, 95%CI=1.50-4.40) risiko for forskellige former for hjernekræft ved længere tids anvendelse af trådløse telefoner. (Hardell, L., Carlberg, M., & Hansson-Mild, K., 2013)

Forskerne undrer sig i samme forbindelse over den manglende handling fra myndighedsside i forhold til eksponeringsreducerende tiltag for befolkningen:

The IARC carcinogenic classification does not seem to have had any significant impact on governments' perceptions of their responsibilities to protect public health from this widespread source of radiation."
--- Hardell, L., Carlberg, M., & Hansson-Mild, K., 2013, p85

Problemet her kan være, at arbejdet med eksempelvis WHO's anbefalinger ikke er fuldstændigt frigjort fra industrilobbyens påvirkningsmuligheder. Sådanne forhold blev tydeliggjort i forbindelse med tobaksskandalerne, hvor tobaksfirmaernes konsulenter havde infiltreret de videnskabelige komiteer under WHO. WHO forsøgte siden at etablere nye retningslinier, som skulle undgå sådanne interessesammenblandinger; men som et forskningsprojekt angående kortlægning af WHO's mange anbefalinger påviser, er målet tilsyneladende ikke nået endnu:

Systematic reviews and concise summaries of findings are rarely used for developing recommendations. Instead, processes usually rely heavily on experts in a particular specialty, rather than representatives of those who will have to live with the recommendations or on experts in particular methodological areas.
--- Oxman AD, Lavis JN, Fretheim A, 2007, p1883

Forskningsmæssigt er der dog stærk basis for snarlig handling. Med udgangspunkt i Bradford Hills berømte forelæsning om kausalitet i statistiske korrelationer, gennemgår forskere fra Hardell-gruppen i 2013 en stor del af den tilgængelige forskning og publicerer på den baggrund et samlet review, hvori kausalitetsforhold mellem eksponering for mikrobølgestråling fra trådløse kommunikationsenheder og forskellige former for hjernekræft godtgøres:

Based on the Hill criteria, glioma and acoustic neuroma should be considered to be caused by RF-EMF emissions from wireless phones and regarded as carcinogenic to humans, classifying it as group 1 according to the IARC classification. Current guidelines for exposure need to be urgently revised."*
--- Hardell, L., Carlberg, M., 2013, p97

Den svenske forskergruppe er ikke de eneste, der finder sammenhænge mellem hjernekræft og eksponering for mikrobølgestråling fra trådløse kommunikationsmidler. En fransk forskergruppe (Coureau, G., Bouvier, G., Lebailly, P., Fabbro-Peray, P., Gruber, A., Leffondre, K., Baldi, I., 2014) undersøgte forekomsten af forskellige former for hjernekræft blandt franske mobiltelefonbrugere i et case-control-studie mellem 2004 og 2006 og fandt signifikante sammenhænge mellem langvarig (≥896 h) brug af mobiltelefon og hjernekræft (glioma: OR =2.89; 95% CI 1.41-5.93; meningioma: OR=2.57; 95% CI 1.02-6.44)

These additional data support previous findings concerning a possible association between heavy mobile phone use and brain tumours.

--- Coureau, et al, 2014, p514

Forklaring af OR:

OR (Odds Ratio) er en beregning, der primært bruges i case-kontrol-studier til at angive et mål for sammenhængen mellem udvikling af en given tilstand og eksponering for en given faktor.

Tallet tolkes således:
OR=1: Ingen sammenhæng mellem eksponering og pågældende tilstand
OR>1: Risikoforøgelse: Eksponering forøger risiko for pågældende tilstand
OR<1: Risikoformindskelse: Eksponering formindsker risiko pågældende tilstand

Desto større afstand mellem 1 og den beregnede værdi, desto stærkere er sammenhængen.
Tallet kan omsættes til procent ved at subtrahere 1 fra den angivne værdi og derefter gange med 100.

Beregning af OR:
I modsætning til mange statistiske beregninger er udregningen af OR ret ligetil. Det svære er derimod ofte at skaffe de tal ,der skal bruges.

	Sygdom			
Eksponering		+	÷	
	+	a	b	a+b
	÷	c	d	c+d
		a+c	b+d	

a betegner det antal som har fået sygdommen og har været eksponeret.
b betegner det antal som ikke har fået sygdommen, men har været eksponeret.
c betegner det antal som har fået sygdommen, men ikke har været eksponeret.
d betegner det antal som ikke har fået sygdommen og ikke har været eksponeret

For at beregne RR skal tabellen anvendes vandret. For at beregne OR skal tabellen anvendes lodret:

OR udtrykker odds for at have været udsat for risikofaktoren blandt de syge i forhold til odds for at være udsat for risikofaktoren blandt de raske. Odds for at have været udsat for risikofaktoren blandt de syge er derfor O=a/c. Tilsvarende er odds for at have været udsat for risikofaktoren blandt de raske: O=b/d

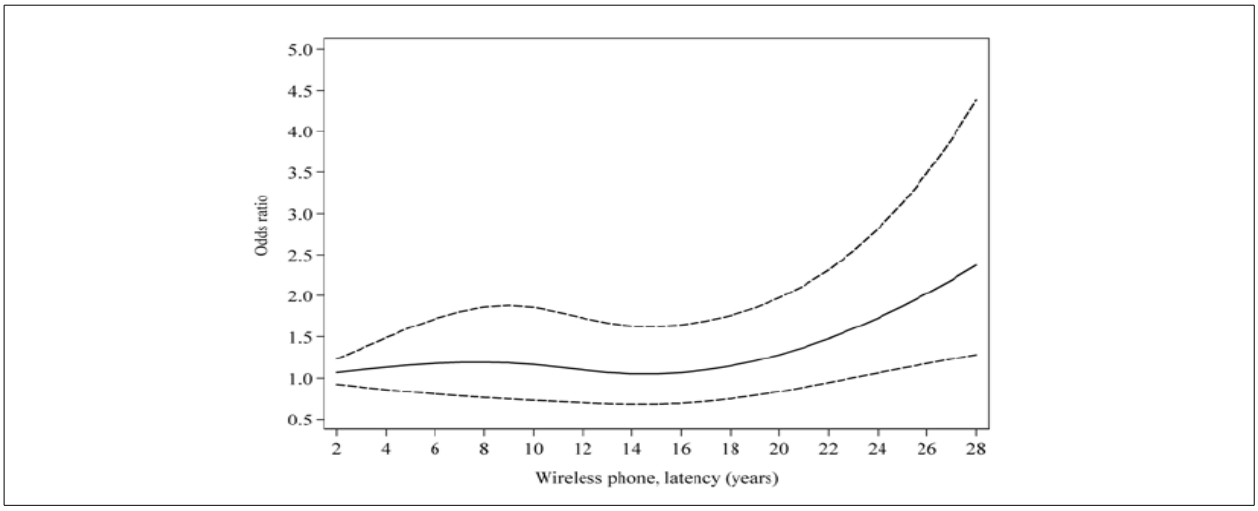
OR kan derfor angives som følger: $$OR = \frac{a/c}{b/d} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$$

For sjældent (prævalens <2 ‰) forekommende sygdomme (a«b og a+b≈b) vil OR≈RR, hvilket vil sige, at risikoen for at udvikle sygdommen blandt de eksponerede approximativt er lig med odds.

Styrken af OR beregningen kan angives med både et konfidensinterval (95%CI, hvor man med 95% sikkerhed kan sige, at den sande OR ligger inden for det angivne interval) og en p-værdi. Det mest anvendte er angivelse af konfidensintervaller.

Figur 25: Kort introduktion til forståelse af Odds Ratio. Formelgrundlag: Oleckno, W.A., 2002

Kræftrisikoen ved anvendelse af mikrobølgebaseret kommunikationsteknologi er afhængig af varigheden af eksponeringen, idet udvikling af kræft har forholdsvis lang latenstid:



Figur 26: Kræftrisiko ved anvendelse af trådløse telefoner (mobiltelefoner og DECT-telefoner). Den fuldt optrukne linje angiver det beregnede OR (Odds Ratio) og de stiplede linier angiver 95CI (konfidensintervallet). Det betyder, at man med 95% sikkerhed kan sige, at den reelle værdi for OR ligger mellem disse to linier. Estimatet for OR er her meget tæt på den relative risiko, dvs. hvor stor risikoen er hos en eksponeret i forhold til normalen. Eksempelvis siger ovenstående kurve, at en person, der har brugt mobiltelefon i 25 år, har dobbelt så høj kræftrisiko som en person, der ikke har brugt mobiltelefon Illustration: Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Hansson Mild K. 2013.

Den fuldt optrukne linje angiver det beregnede OR (Odds Ratio) og de stiplede linier angiver 95%CI (konfidensintervallet). Det betyder, at man med 95% sikkerhed kan sige, at den reelle værdi for OR ligger mellem disse to linier. Estimatet for OR er her meget tæt på den relative risiko, dvs. hvor stor risikoen er hos en eksponeret i forhold til normalen. Eksempelvis siger ovenstående kurve, at en person, der har brugt mobiltelefon i 25 år, har dobbelt så høj kræftrisiko som en person, der ikke har brugt mobiltelefon.

I en yderligere analyse af deres datamateriale publicerede Hardell-gruppen i 2014 en analyse af sammenhængen mellem overlevelseschancer ved hjernekræft og brugen af trådløse kommunikationsmidler (mobiltelefoner og trådløse telefoner), hvor de fandt signifikant formindskede overlevelseschancer for brugerne af den trådløse teknologi (Carlberg, M., & Hardell, L., 2014):

Due to the relationship with survival the classification of IARC is strengthened and RF-EMF should be regarded as human carcinogen requiring urgent revision of current exposure guidelines."
--- Carlberg, M., & Hardell, L., 2014, p10790

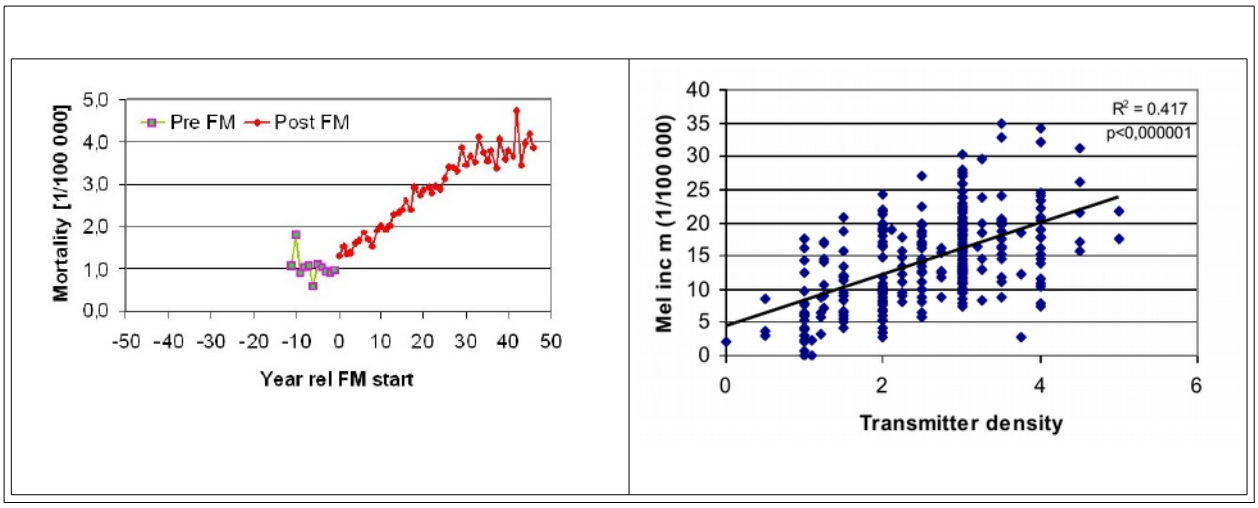
En international forskergruppe (Davis, D. L., Kesari, S., Soskolne, C. L., Miller, A. B., & Stein, Y., 2013) har på grundlag af Hardell-gruppens resultater beregnet nogle af de

forventede merudgifter som følge af øgende mængde af hjernekræfttilfælde i forbindelse med den øgede udbredelse af trådløs kommunikationsteknologi. Hjernekræft er i udgangspunktet en forfærdelig diagnose for den ramte person; men det er samtidigt en sygdom med meget ressourcekrævende behandling, hvor prisen pr tilfælde kan løbe op i adskillige millioner kr. I det i forvejen ressourceknappe sundhedsvæsen vil den fremtidige øgede forekomst af hjernekræfttilfælde som følge af eksponering for mikrobølgestråling fra trådløs kommunikationsteknologi have katastrofale følger for sundhedsvæsenets muligheder for at give alle optimal behandling indenfor de allokerede stramme budgetter. Samtidigt gør forskergruppen opmærksom på, at ingen tidligere kendt miljøgift har resulteret i så øget kræftforekomst på blot ti år.

"By reviewing key epidemiological studies, some of which have been published since the IARC review, addressing methodological critiques of their own and other studies, and reporting the results of a meta-analysis of their own and the IARC coordinated Interphone study, Hardell et al provide new and compelling evidence for IARC to re-evaluate its classification of 'a possible carcinogen', with a view to changing that assessment of electromagnetic radiation from mobile phones, cordless phones, and other wireless devices at least to a 'probable human carcinogen,' i.e. Group 2A."

---Davis, Kesari, Soskolne, Miller, Stein, 2013

Samtidigt kan der via avanceret statistisk databehandling fremledes forskellige interessante korrelationer i forhold til forekomsten af kræft og eksponering for radiofrekvent stråling i nontermiske intensiteter. Eksempelvis kan der påvises (Hallberg & Johansson, 2013) en statistisk korrelation mellem eksponering for radiofrekvent stråling fra kraftige FM-sendere og forekomsten af modermærkekræft - og yderligere kan udviklingen i dødsfald forårsaget af modermærkekræft korreleres til udviklingen af FM-nettet:



Figur 27: Statistisk sammenhæng mellem udbredelsen af FM-sendere og modermærkekræft. Fra: Hallberg & Johansson, 2013, p190 og 195.

Det bemærkes i øvrigt, at hjernekræft ikke er den eneste kræftform, der er statistisk associeret til anvendelse af trådløs teknologi. I en serie case-reports fra 2013 gør et hold læger opmærksomme på en række atypiske tilfælde af brystkræft hos unge kvinder, som alle havde båret deres mobiltelefon tændt i deres BH i flere år. Kræftsvulsterne var opstået i vævet omkring den position, de havde båret mobiltelefonen i.

Pathology of all four cases shows striking similarity; all tumors are hormone-positive, low-intermediate grade, having an extensive intraductal component, and all tumors have near identical morphology. These cases raise awareness to the lack of safety data of prolonged direct contact with cellular phones.
--- West, et al., 2013, p1

Med undtagelse af ovenstående case-reports, har de øvrige nævnte studier været af epidemiologisk karakter, men der er specifikt to andre studier, der har relevans i forhold til problemstillingen.

I 2010 offentliggjorde et forskerhold (Tillmann T, Ernst H, Streckert J, Zhou Y, Taugner F, Hansen V, Dasenbrock C. 2010) et resultat fra et museforsøg, hvor UMTS-moduleret (3G) mikrobølgestråling påvistes at have en tumor-promoter-effekt, således at udviklingen af kræftknuder hos musene fremmedes. Tillmann et al. havde valgt et eksponeringsniveau, som kun relativt sjældent forekommer ved almindelig benyttelse af mobiltelefoni, og samtidigt var antallet af forsøgsdyr i eksperimentet begrænset, hvorfor eksperimentets resultat forventeligt ikke blev anset som væsentligt i forhold til kategoriseringsarbejdet i 2011.

For nylig er der imidlertid blevet offentliggjort et replikationsstudie af Tillmanns (et al) oprindelige forsøg, hvor der er anvendt flere forsøgsdyr og samtidigt anvendt meget lave eksponeringsforhold (Lerchl, Alexander; Klose, Melanie, Grote, Karen; Wilhelm, Adalbert F.X.; Spathmann, Oliver; Fiedler, Thomas; Streckert, Joachim; Hansen, Volkert; Clemens, Markus., 2015). UMTS-moduleret mikrobølgestråling dokumenteres i replikationsstudiet at have en tumor-promoter-effekt allerede ved SAR=0,04W/kg, hvilket er 50 gange under nuværende grænseværdi.

Bemærk i denne forbindelse, at en så lav SAR-værdi kan opnås blot ved fysisk nærhed til en trådløs enhed - deriblandt også tablets og trådløse computere. Bemærk samtidigt at modulationsformen i UMTS teknisk set er forholdsvis ens med modulationsformen i moderne WiFi. Kombineret betyder det - såfremt man kan oversætte direkte fra dyreforsøg til menneskeorganismer - at stort set alle skolebørn og uddannelsessøgende unge mennesker i dag er kronisk eksponeret for et niveau af mikrobølgestråler, der virker fremmende på udviklingen af kræftsvulster.

Mikrobølger og hjernekræft:

De nyeste tal for Danmark (Statens Serum Institut. 2012) påpeger en stigning i cancerincidens for kræft i hjerne og centralnervesystem på 41,2% for mænd og 46,1% for kvinder, set i forhold til tal fra 2003.

Stigningen forklares af SSI (Statens Serum Institut, 2012) som et resultat af forbedrede diagnosticeringsmuligheder, hvilket desværre ikke nødvendigvis er den fulde forklaring. Givetvis sker der (heldigvis) store fremskridt inden for sundhedsvæsnet; men vi var jo ikke noget uland i 2003 (MR skannere blev udbredt i Danmark allerede i 1990'erne med afgørende betydning for diagnosticering af hjernetumorer). Samtidigt er hjernekræft en sygdom, som praktisk taget altid opdages - om ikke andet, når patienten dør deraf. En stigning på over 40% er altså alvorlig, og det forekommer indlysende, at hovedparten af stigningen ikke kan bortforklares via ændrede diagnosticeringsmuligheder. Stigningen i modermærkekræft og hudkræft er i øvrigt i samme størrelsesorden (63,5% og 29,2% hhv)

Stigningen genfindes i Sverige; men her giver registreringen af sygdommen anledning til undren, idet et forskerhold (Hardell, Lennart; Carlberg, Michael, 2015) har gennemgået de svenske patient- og dødsårsagsregistre og kan dokumentere, at en stor del af tilfældene af hjernekræft ikke registreres i det officielle cancerregister.

Årsagen til denne mangelfulde registrering er naturligvis endnu ukendt; men det er bemærkelsesværdigt, at det svenske cancerregister hidtil er blevet anvendt som argumentationsgrundlag for en antagelse om, at mobiltelefoner ikke forårsager hjernekræft.

De svenske forskere dokumenterer stigning i tilfælde af hjernekræft fra 2007 i patientregistret og fra 2008 i dødsårsagsregisteret (ibid).

Stigningen er foregået i samme tidsrum, hvor udbredelsen af trådløs kommunikations- og underholdningselektronik baseret på pulseret mikrobølgestråling for alvor har grebet om sig.

Givetvis kan der være andre medvirkende årsager til den stigende mængde af hjernekræfttilfælde, men sundhedsmyndighedernes afvisning af problemfeltet, og den problematiske udeladelse i det svenske cancerregister rummer betydelige misforhold og leder dermed tanken hen på situationen i slut-halvfemserne, hvor debatten om sammenhængen mellem rygning og lungekræft endnu rasede på højeste gear. Vi ved i dag, hvorledes tobaksindustriens lobbyister havde infiltreret videnskabelige komiteer på

både internationalt og nationalt plan; problemet er blot, at den videnskabelige dokumentation for sammenhæng mellem mikrobølgestråling og hjernekræft er i samme styrke, som dokumentationen for sammenhængen mellem rygning og lungekræft var på daværende tidspunkt, hvilket understreges i et review af 33 epidemiologiske studier fra 2009:

"Results of epidemiologic studies of mobile phone use summarized above indicate an association that is of moderate strength and in the range delineated for passive smoking and lung cancer."
---Kundi, Michael, 2009b, p 322

Det tog 40 års kamp (og 5 millioner tobaksrelaterede dødsfald pr år, WHO 2011) for myndighederne at indse sammenhængen mellem rygning og kræft.

Tilsvarende latenstid kan dokumenteres i forbindelse med asbestskandalen, hvor de første retslige afgørelse med anerkendelse af arbejdsskader kom i 1970'erne. Først i 1983 indfører daværende EF beskyttelsesforanstaltninger for asbestarbejdere (Council Directive 83/477/EEC), mens det endelige forbud (i EU-regi) først blev indført i 2005 (Parliamentary Directive 2003/18/EC). Latenstiden mellem videnstilvejebringelse og myndighedsindgriben omfatter i dette tilfælde næsten to generationer af europæiske borgere, som derved med nogen ret kan betrages som ofre i myndighedernes forsøg på at tilfredsstille industriens behov.

Spørgsmålet er, hvorvidt den moderne verdens kommunikationsmidler og borgernes bedre vidensadgang kan forkorte processen i forhold til mikrobølgeeksponeringen.

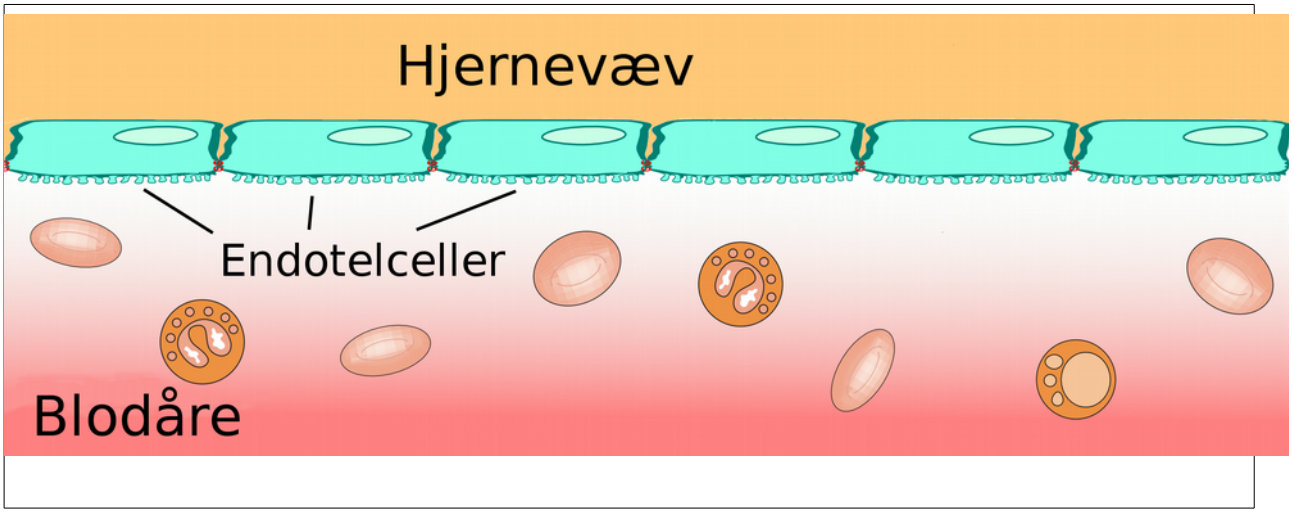
Kapitel 5 - Virkninger på blod-hjerne-barrieren

Virkninger på blod-hjerne-barrieren

Virkninger på blod-hjerne-membranen:

Blod-hjerne-membranen er en af de forsvarsmekanismer, kroppen er udstyret med for at beskytte sig selv mod infektioner og fremmedlegemer.

I de blodårer, der passerer gennem hjernen (og den øvrige del af centralnervesystemet), er de celler, der udgør væggene i blodårerne (endoteliale celler), koblet så tæt sammen, at de udgør en membran, der beskytter hjernen og centralnervesystemet mod uønskede stoffer og fremmedlegemer.



Figur 28: Principskitse for blod-hjerne-barrieren. Bemærk sammenkoblingen mellem endotelcellerne som udgør blod-hjerne-membranen. Illustration: Bearbejdning af materiale fra Wikimedia Commons.

Blod-hjerne-membranen er således af ganske væsentlig vigtighed, derved at hjernens funktion er styrende for resten af kroppen. En forholdsvis lille skadevirkning i blod-hjerne-membranen har således vidtrækkende helbredsskadende potentiale.

Nogle af de tidlige undersøgelser i forbindelse med, hvorvidt RF-EMF kan skabe ultilsigtede åbninger i blod-hjerne-membranen, stammer fra et svensk forskerteam (Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob., Persson, Bertil., 1993), som har undersøgt problemet i flere forskellige omgange. Undersøgelserne er hovedsageligt baseret på dyreforsøg, hvor eksempelvis rotter udsættes for en given eksponering og derefter aflives, således at deres hjerner kan undersøges. Mikrobølgeeksponeringen er væsentligt under de gældende grænseværdier, hvilket - med udgangspunkt i de mange identiske genetiske strukturer, der findes mellem rotter og mennesker - bekræfter væsentligheden af resultaterne i forhold til nødvendigheden af eksponeringsreducerende tiltag for befolkningen i almenhed.

Forskergruppen konkluderer i 2003 følgende standpunkt på baggrund af deres undersøgelser, at mikrobølgestrålingen fra mobiltelefoni kan beskadige blod-hjerne-membranen:

"In series of more than 1,600 animals, we have proven that subthermal power densities from both pulse-modulated and continuous RF EMFs—including those from GSM (Global System for Mobile Communications) mobile phones—have the potency to significantly open the blood–brain barrier such that the animals' own albumin (but not fibrinogen) passes out of the bloodstream into the brain tissue and accumulates in the neurons and glial cells surrounding the capillaries."

--- Salford, et al, 2003, p 881

Albumin er en betegnelse for det frie proteinstof, som findes i blodet. Idet proteinmolekyler ofte er ganske komplekse og forholdsvis store, giver resultatet baggrund for at frygte, at andre - mere skadelige - stoffer samtidigt kan gennemtrænge blod-hjerne-membranen, når denne svækkes ved eksponering for RF-EMF (Oscar & Hawkins, 1977; Persson et al. 1997). Samtidigt antyder et ældre resultat (Hassel et al., 1994), at albuminen alene kan fremkalde skadevirkninger på hjernevævet.

Dette resultat understreges i det svenske forskerteams næste resultat, hvor de undersøger de skadevirkninger, der er fremkommet ved den øgede permeabilitet af blod-hjerne-barrieren:

"We found highly significant ($p < 0.002$) evidence for neuronal damage in the cortex, hippocampus, and basal ganglia in the brains of exposed rats." --- Salford, et al, 2003, p 881

I et af deres forsøg kunne virkningen i hjernen dokumenteres 50 dage efter en enkelt to-timers eksponering. (SAR-værdier mellem 2 mW/kg og 200mW/kg)

Det kan være hensigtsmæssigt i denne sammenhæng at bemærke, at både blod-hjerne-barriere og proteinstrukturer i rottehjerner og menneskehjerner i høj grad er sammenlignelige. Man har således væsentlig baggrund for at frygte en tilsvarende reaktion i den menneskelige hjerne, når den udsættes for RF-EMF. De angivne SAR-niveauer er mindre end de niveauer, de fleste mobiltelefoner og tablets udsætter deres brugere for.

I en nyere undersøgelse (Salford, et al, 2008) benyttede forskerne en almindelig GSM mobiltelefon som strålingskilde (for at vise, at strålingen i foregående undersøgelser er identisk med strålingsniveauet fra en egentlig mobiltelefon) og opnåede samme resultater. Forekomsten af albumingennemtrænging af blod-hjerne-membranen kunne fastslås med en stor statistisk sikkerhed ($p=0.02$), og optag af albuminen i hjernecellerne dokumenteres med endnu større sikkerhed ($p=0.002$).

Ikke alle undersøgelser kan påvise effekten, idet der, på baggrund af den komplekse interaktion, eksisterer en høj grad af non-linearitet mellem den elektromagnetiske påvirkning og den biologiske virkning:

"In many cases, the weak and precisely tuned EMFs have the most important biological function; two examples of this are cellular communication and protein folding. It seems quite likely that in different experimental set-ups, and in different living organisms, the signal has to be tuned to different properties in order to cause any effect. This could perhaps in some part explain why, in some cases, there are quite obvious effects of RF exposure, whereas in others, no such effects can be seen."

-- Nittby, et al, 2008, p120

Samtidigt er der visse eksponeringsniveauer, der giver større virkning end andre, men bemærkelsesværdigt er større intensitet ikke ensbetydende med større virkning. Dette ikke-lineære forhold tilføjer en væsentlig kompleksitet i udforskningen af bioreaktive egenskaber ved mikrobølgestråler:

"Studies on EMF induced BBB disruption have shown contradictory results from different laboratories. Some groups demonstrate increased BBB permeability with their experimental conditions, whereas others do not. Many factors may contribute to this. One remarkable observation, which we have made in our studies throughout the years, is that exposure with whole-body average power densities below 10mW/kg gives rise to a more pronounced albumin leakage than higher power densities, all at non thermal levels. "

--- Nittby, et al, 2008, p122

En af de mulige forklaringer på non-lineariteten begrundes i cellernes forsvarsmekanismer, hvorved et højere niveau af eksponering igangsætter forskellige forsvarsmekanismer, hvorimod et lavere niveau fortsat forvolder skade, men uden at igangsætte forsvarsmekanismerne. En finsk forskergruppe (Leszczynski et al, 2002) undersøgte netop sådanne cellulære forsvarsmekanismer i menneskelige endotelceller efter en GSM 900mHz eksponering ved SAR=2W/kg og kunne efterfølgende konstatere ændringer i fosforylering af mange proteiner i cellerne.

På cellulært niveau er fosforylering en meget udbredt metode til at regulere forskellige proteiners funktion, hvorfor resultatet er ganske interessant, derved at der demonstreres en direkte forbindelse mellem eksponering for GSM 900 MHz i non-termisk niveau og molekylære ændringer i cellerne. Specifikt konstateredes fosforylering af hsp-27, hvilket er et Heat Shock Protein. Som tidligere gennemgået kan HSP'ere opfattes som cellens indre forsvarsværker, derved at disse proteiner i nogen grad er i stand til at mitigere skader på cellen. På grundlag af opdagelsen fremsætter forfatterne en hypotese, hvor den GSM 900 Mhz-inducerede fosforylering af hsp-27 giver anledning til stabilisering af cellulære stressfibre (actin-strukturer, der har til opgave at binde proteiner og øvrige strukturer sammen på cellulært niveau), hvilket igen forårsager øgning af permeabiliteten for blod-hjerne-membranen. Det må opfattes som bemærkelsesværdigt,

at så omfattende ændringer kan påvises allerede efter en times eksponering.

Allerede i 1981 forsøgte et forskerteam (Albert & Kerns, 1981) at afklare mekanismerne bag ændringerne i blod-hjerne-membranen ved RF-EMF-eksponering. I deres forsøgsopstilling kunne de fastslå, at der i en trediedel af de eksponerede hamstre var 2-3 gange så mange pinocytiske vesikler med HRP (horseradish peroxidase, et sporstof), som ved de u-eksponerede hamstre.

Samtidigt påviste et andet forskerhold (Oscar K.J. & Hawkins T.D., 1977), at ændringerne i blod-hjerne-barrieren afhænger både af effekttæthed/feltintensitet og modulationsform, idet forskerne kunne måle forskel mellem de virkninger, der skabtes ved kontinuerte signaler, og de virkninger, der skabtes ved pulserende signaler. (Det bemærkes i den forbindelse, at vores moderne trådløse digitale kommunikationsmidler, såsom mobiltelefoni, DECT-telefoner, WiFi, etc alle benytter pulserede mikrobølgestråler).

En anden tidlig undersøgelse gav endnu en brik til puslespillet, idet en forskergruppe (Prato et al., 1990) påviste, at et magnetfelt (2 MRI eksponeringer af 23min ved 0.15T) ændrede blod-hjerne-membranens permeabilitet for DTPA (diethylenetriaminepentaacetic acid, et sporstof). Resultaterne indikerede, at magnetfeltet kunne ændre cellens endocytose (hvorved en celle optager væske og makromolekyler ved at afsnøre en fordybning i cellemembranen) og samtidigt øge niveauet af Ca2+-ioner i endotelial-cellerne.

Andre forskerhold (Schirmacher et al, 2000) har replikeret resultaterne ved anvendelse af eksponeringskilder svarende til GSM-1800-telefoni:

"Samples were exposed to EMF conforming to the GSM1800-standard used in mobile telephones (1.8 GHz). The permeability of the samples was monitored over four days and compared with results of samples that were cultured identically but not exposed to EMF. Exposure to EMF increased permeability for ^{14}C-sucrose significantly compared to unexposed samples."

--- Schirmacher et al, 2000, p338

Ændringer i blod-hjerne-barrieren kan være udslagsgivende for dannelse af en vid række af andre sygdomme af eksempelvis neurodegenerativ art, hvorfor sammenhængen mellem mikrobølgestråling i non-termiske intensiteter og ændringer i blod-hjerne-barrierens permeabilitet indebærer foruroligende aspekter for borgernes fremtidige sundhedsmæssige tilstand.

Kapitel 6 - Fertilitetsskadende virkninger

Fertilitetsskadende virkninger

Fertilitetsskadende virkninger af mikrobølgestråling:

I den vestlige verden er ufrivillig barnløshed et tiltagende problem, hvilket (kombineret med ændringer i livsstil) umiddelbart kan iagttages i fødselsstatistikkerne.

Således var fertiliteten (antal barn pr kvinde) i 2010 på 1,87. I 2011 var den faldet til 1,75. I 2012 var den faldet yderligere til 1,71. I 2013 var fertiliteten faldet til 1,67. (Danmarks Statistik, 2014)

Faldet svarer til 11 % over en tre-års periode.

Der er selvfølgelig mange forskellige og ofte komplekse årsagssammenhænge inddragende både livsstil, familieplanlægning, forureningseksponering og fertilitetsproblemer hos både mænd og kvinder som baggrund for det drastiske fald; men en del forskningsresultater giver specifik viden om, at del af problemet vedrørende ufrivillig barnløshed kan stamme fra helbredsmæssige effekter fra eksponering for mikrobølgestråler fra trådløs kommunikationsteknologi.

Specifikt har en del studier undersøgt, hvorvidt elektromagnetiske felter fra mobiltelefoner og lignende trådløse kommunikationsapparater kan påvirke sædkvaliteten.

Et nyere studie (Gorpinchenko, et, al., 2014) påviser således ret skræmmende virkninger allerede efter 5 timers nærhed til en mobiltelefon i standby-mode:

The number of spermatozoa with progressive movement in the group, influenced by electromagnetic radiation, is statistically lower than the number of spermatozoa with progressive movement in the group under no effect of the mobile phone. The number of non-progressive movement spermatozoa was significantly higher in the group, which was influenced by cell phone radiation. The DNA fragmentation was also significantly higher in this group. A correlation exists between mobile phone radiation exposure, DNA-fragmentation level and decreased sperm motility.

--- Gorpinchenko, Nikitin, Banyra, Shulyak, 2014, p65

Forskerne er altså i stand til at påvise mindsket bevægelighed og DNA-fragmentering hos sædceller, som har været i nærheden af en tændt mobiltelefon (i standby-mode) i blot 5 timer.

Lignende resultater påvistes af en tidligere forskergruppe (Agarwal, Deepinder, Sharma, Ranga, Li, 2008), hvor der vises en direkte dosis-respons-sammenhæng mellem sædkvaliteten og eksponeringens varighed:

"The comparisons of mean sperm count, motility, viability, and normal morphology among four different

cell phone user groups were statistically significant. Mean sperm motility, viability, and normal morphology were significantly different in cell phone user groups within two sperm count groups. The laboratory values of the above four sperm parameters decreased in all four cell phone user groups as the duration of daily exposure to cell phones increased.
(...)
Use of cell phones decrease the semen quality in men by decreasing the sperm count, motility, viability, and normal morphology. The decrease in sperm parameters was dependent on the duration of daily exposure to cell phones and independent of the initial semen quality."

--- Agarwal, Deepinder, Sharma, Ranga, Li, 2008, p124

Tilsvarene resultater blev publiceret af et andet forskerhold (Aitken, Bennetts, Sawyer, Wiklendt, King, 2005) allerede i 2005. I deres forsøg bruges mus som forsøgsorganisme. På trods af størrelsesforskellen har mus og mennesker omkring 95% af deres genmateriale til fælles, hvorfor forsøg med mus ofte er ganske væsentlige for at afprøve sammenhænge, der kan være interessante i den menneskelige organisme.

Forskerholdet benytter en meget lille eksponering (90mW/kg, hvor grænseværdien for mennesker i dag er 2W/kg) og måler således ikke samme grad af DNA-beskadigelse som de foregående forsøg (hvor der er benyttet eksponeringsværdier, som er sammenlignelige med normal anvendelse af en mobiltelefon), men finder til trods for den ekstremt lave eksponeringsværdi dog væsentlige skader på genmaterialet i mitokondrierne:

"(...) a detailed analysis of DNA integrity using QPCR revealed statistically significant damage to both the mitochondrial genome ($p < 0.05$) and the nuclear beta-globin locus ($p < 0.01$). This study suggests that while RFEMR does not have a dramatic impact on male germ cell development, a significant genotoxic effect on epididymal spermatozoa is evident and deserves further investigation. "

--- Aitken, Bennetts, Sawyer, Wiklendt, King, 2005, p171

I et resultat fra 2008 understreges det yderligere, at dannelsen af frie radikaler har afgørende betydning for en del af skadevirkningerne efter eksponering for mikrobølgestråling. Forskerholdet benyttede rotter som modelorganisme, og eksponeringsmønstret var 2 timer pr dag i 35 dage ved SAR=0,9W/kg. Resultaterne viste ændringer i antioxidative enzymer og spermmængde.

"Our results coveys that the regular use of mobile phone at domestic level can have negative impact on human health."

--- Kesari & Behari, 2008, p564

Resultaterne replikeres og udvides i et senere eksperiment, stadig med rotter som modelorganisme, men med ændret eksponeringsmønster. I stedet for mobiltelefon benyttes en 10GHz mikrobølgestrålingskilde ved SAR=0,014W/kg i 2 timer pr dag i 45 dage, hvorefter der kan måles signifikante ændringer i blandt andet mængden af frie

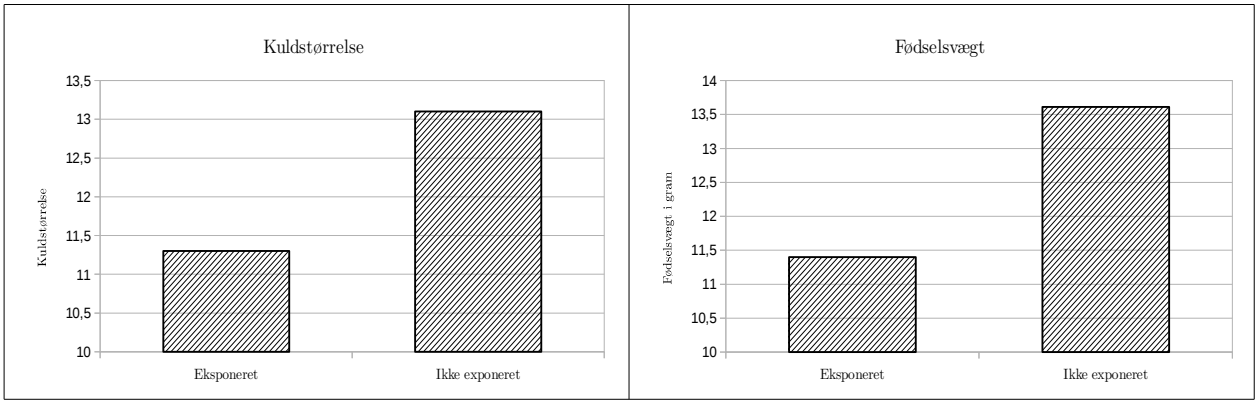
iltradikaler og mængden af døde celler:

Results show a significant change in the level of reactive oxygen species, histone kinase, apoptotic cells, and percentage of G(2)/M transition phase of cell cycle in the exposed group compared with the sham-exposed group. The study concludes that there is a significant effect of microwave radiations on the reproductive pattern in male rats, which is a causative factor of male infertility."

--- Kumar S, Kesari KK, Behari J. 2011, p1500

Et andet nyere forskningsresultat fra samme indiske forskergruppeIndien (Kumar, Kesari & Behari, Jitendra, 2012), påviser lignende virkninger af mikrobølgestråler på både fertilitet og afkom hos rotter. Eksperimentet udmærker sig ved at anvende ganske almindelige mobiltelefoner som strålingskilde. Den udstrålede effekt i den pågældende testopstilling var 2mW og SAR opgives til 0,9W/kg for den anvendte telefontype. Rotterne blev eksponeret i to timer dagligt. Forsøgssetuppet er således i fuld overensstemmelse med et normalt benyttelsesmønster.

Forskerne kunne måle, at både kuldstørrelsen og fødselsvægten hos eksponerede individer var signifikant lavere end hos ikke-eksponerede:



Figur 29: Sammenhæng mellem mikrobølgeeksponering og kuldstørrelse: Der påvistes en statistisk signifikant (P< 0,0006) sammenhæng mellem kuldstørrelse (number of offspring) og hvorvidt forældrerotterne har været eksponeret eller ej. Gennemsnitlig kuldstørrelse hos de eksponerede individer var 11,3, hvorimod kuldstørrelsen hos ikke-eksponerede var 13,1 . Eksperimentet viste samtidigt statistisk signifikant (P<0,003) sammenhæng mellem fødselsvægten (Weight of offspring) og hvorvidt forældrerotterne har været eksponeret eller ej. Den gennemsnitlige fødselsvægt for nyfødte unger hos de eksponerede individer var 11,4g, hvorimod gennemsnitlig fødselsvægt hos ikke-eksponerede var 13,61g. Skematisk illustration af data fra: Kumar & Behari, 2012, p219.

Samtidigt måltes endvidere forskel i caspase og testosteron mellem de eksponerede og ikke-eksponerede individer:

"A statistically significant increase in activation of caspase-3 was observed in mobile phone radiation-exposed animals (...). Sperm caspase activity showed a significant increase (P<0.001) in the RF-exposed group (32,42±3,06) as compared to the sham-exposed group (14,17 ±1,30).

(...)
Serum testosterone level was decreased significantly (P<0.003) in mobile phone-exposed animals (1,76 ±0,73), when compared to sham-exposed group (5,05± 0,86)"

--- Kumar & Behari, 2012, p217

Caspase er et signalstof, cellerne blandt andet bruger til at styre en selvdestruktionsproces kaldet programmeret celledød. Cellerne har forskellige mekanismer for at sikre, at en celle ikke "løber løbsk", hvis der sker skade på cellen. Een af disse mekanismer er den programmerede celledød, apoptose, hvor en beskadiget celle destruerer sig selv. Frigivelse af caspase-3 betyder således, at de berørte celler har fået så store skader efter eksponeringen, at de må udføre selvdestruktion. Det bemærkes, at disse processer er forbløffende ens hos forsøgsdyrene (rotter) og mennesker.

Testosteron er det mandlige kønshormon og har som sådan meget stor indflydelse i forhold til udvikling af mandlige kønsceller (sperm).

Begge sammenhænge påpeger således væsentlige helbredsmæssige implikationer i forbindelse med eksponering for RF-EMF fra mobiltelefoner:

"A reduction in testosterone, an increase in caspase-3, and distortion in spermatozoa could be caused by overproduction of reactive oxygen species (ROS) in animals under mobile phone radiation exposure. Our findings on these biomarkers are clear indications of possible health implications of repeated exposure to mobile phone radiation."

--- Kumar & Behari, 2012, p213

Reactive Oxygen Species (ROS), som forskerne omtaler som kilde til de skadelige virkninger ved eksponering for RF-EMF fra mobiltelefoner, er på dansk kendt som "frie iltradikaler". Ilt er livsvigtigt for mennesker (og mange andre organismer); men på grund af ilts store reaktionsvillighed, er det samtidigt nødvendigt for organismerne at forhindre ilten i at reagere med stoffer, der ikke er beregnet til at blive iltet. For at forhindre dette søger organismerne at begrænse mængden af frie iltradikaler.

Sammenhængen mellem frie iltradikaler og RF-EMF er i øvrigt ganske veletableret. Allerede i 1992 viste de første forskningsresultater (Grundler et al., 1992) denne sammenhæng. Senere resultater (eksempelvis Kesari, Kumar, & Behari, 2011a og Kesari, Kumar & Behari, 2011b) påviser fremkomsten af sådanne frie iltradikaler hos rotter, der eksponeres fra stråling fra almindelige mobiltelefoner. Forfatterne konkluderer således:

"The study concludes that a reduction or an increase in antioxidative enzyme activities, protein kinase C, melatonin, caspase 3, and creatine kinase are related to overproduction of reactive oxygen species (ROS) in animals under mobile phone radiation exposure. Our findings on these biomarkers are clear indications of possible health implications."

---Kesari, Kumar &Behari, 2011a, p219

Det er muligt at lave et estimat over, hvor højt et niveau af frie iltradikaler, der produceres ved udsættelse for mobiltelefoni ved at analysere niveauet af forskellige former for antioxidanter, som er molekyler, cellerne forsøger at neutralisere de frie iltradikaler ved:

Indikatorer for iltradikaler ved mikrobølgeeksponering:

	GPx		SOD		CAT	
	Ikke eksponeret	Eksponeret	Ikke eksponeret	Eksponeret	Ikke eksponeret	Eksponeret
Gennemsnit	15,82	11,66	275,56	225,48	8,37	12,12
Signifikans	P=0,0003		P=0,0008		P=0,0002	

Figur 30: Iltradikaler ved mikrobølgeeksponering. GPx (glutathione peroxidase), SOD (superoxide dismutase) og CAT (catalase) er alle antioxidant-enzymer, som cellerne iværksætter for at bekæmpe frie iltradikaler. Som det fremgår af ovenstående tabel er der bemærkelsesværdigt stærke forskelle mellem værdierne hos de eksponerede individer og de ikke-eksponerede individer. Niveaet for GPx og SOD er signifikant mindre, mens niveauet for CAT er signifikant forhøjet. Skematisk opstilling af data fra: Kesari, Kumar &Behari, 2011a, p226.

Overproduktion af frie iltradikaler kan ultimativt lede til celledød eller svulstdannelse - forskerne konkluderer således følgende:

"Our findings support the results of Hardell et al. (2009) that mobile phones are not safe for long-term exposure. Our study also suggests that overproduction of reactive oxygen species could be a key factor in all these events. These data clearly have important implications for the safety of mobile phone use and highlights the potential importance of RF-EMR in the etiology of brain physiology, while also suggesting need to review the concept of SAR."

---Kesari, Kumar &Behari, 2011a, p231

Virkningen genfindes også ved anvendelse af WiFi som eksponeringskilde. Rotter udsat for 900MHz, 1800MHz mobilstråling og 2.4GHz WiFi med maksimal SAR-værdi på 1.2-W/kg viste forhøjede niveauer af frie iltradikaler i nyrer og testikler

The present study demonstrated that Wi-Fi- and mobile phone-induced EMR may cause precious puberty and kidney oxidative injury in growing rats.

--- Özorak, et al., 2013, p228

Meget af forskningen er baseret på rotteforsøg; men virkningerne kan også påvises hos sperm fra mennesker (Özorak, Alper., Nazıroğlu, Mustafa., Çelik, Ömer., Yüksel, Murat., Özçelik, Derviş., Özkaya, Mehmet Okan., Çetin, Hasan., Kahya, Mehmet Cemal & Kose, Seyit Ali. 2013). I et eksperiment fra 2009 blev sædprøver fra menneskelige donorer exponeret for mikrobølgestrålingen fra en mobiltelefon i 1 time, hvorefter der

kunne måles signifikant mindskelse af sædcellernes mobilitet og levedygtighed:

Radiofrequency electromagnetic waves emitted from cell phones may lead to oxidative stress in human semen. We speculate that keeping the cell phone in a trouser pocket in talk mode may negatively affect spermatozoa and impair male fertility.

--- Agrawal, A., et al., 2009, p1318

Et polsk forskerteam finder ligeledes sammenhæng mellem anvendelse af mobiltelefon og mandlig infertilitet:

In the analysis of the effect of GSM equipment on the semen it was noted that an increase in the percentage of sperm cells of abnormal morphology is associated with the duration of exposure to the waves emitted by the GSM phone. It was also confirmed that a decrease in the percentage of sperm cells in vital progressing motility in the semen is correlated with the frequency of using mobile phones.

--- Wdowiak, et al., 2007, p169

Niveauet af mandligt kønshormon, testosteron, kan også påvirkes af mikrobølgestrålingen - i hvert fald ved anvendelse af rotter som modelorganisme. Rotterne blev udsat for mikrobølgestrålingen fra en mobiltelefon i 60 minutter hver dag i en periode på tre månender, hvorefter der kunne måles signifikant (p=0.028) formindsket niveau af testosteron.

Long-term exposure to mobile phone radiation leads to reduction in serum testosterone levels. Testosterone is a primary male gender hormone and any change in the normal levels may be devastating for reproductive and general health.

--- Meo, et al., 2010, p869

Det kan samtidigt påvises, at de fertilitetsskadende virkninger kan forårsages ved anvendelse af en almindelig kommercielt tilgængelig mobiltelefon. I et eksperiment fra 2007 blev et hold rotter eksponeret 2x3 timer i 18 uger med en standard mobiltelefon (Nokia 3588i) med SAR på maksimal 1.80 W/kg som strålingskilde. Forsøget var opstillet isotermisk, således at de fundne effekter er non-termiske. Efterfølgende kunne der måles forhøjet niveau mængde død sperm og patologisk klumpning af spermceller hos de eksponerede rotter.

Men should be aware that carrying cell phones in their pants pockets places them at risk of exposure to harmful microwaves, which could later hinder their ability to produce children.
---Yan, et al., 2007, p964

Den nuværende udbredelse af mikrobølgebaseret kommunikationsteknologi har således risiko for at medføre en ukontrollabel stigning i antallet af ufrivilligt barnløse.

Kapitel 7 - Mastestudier

Mastestudier

Mastestudier

Virkningerne af mikrobølgestrålingen kan ikke kun måles på brugerne af den trådløse teknologi, men også på de borgere, der er så uheldige at bo eller arbejde i nærheden af en af mobilmasterne.

Symptomforekomsten ved eksponering for mikrobølgestråling fra mobilantenner er veldokumenterede. I et review (Khurana VG, Hardell L, Everaert J, et al. 2010) af tilgængelige epidemiologiske undersøgelser i 2010 finder forskerne overhyppighed af cancer og/eller neurologisk-relaterede symptomer i 80% af alle studierne ved personer, der bor mindre end 500 meter fra mobilantenner.

Det bemærkes, at det i bymæssig bebyggelse er overordentligt svært at lokalisere beboelsesmuligheder uden for disse afstande i Danmark.

Cancerincidensen blandt personer, der lever i nærheden af en mobilmast, beregnedes i en tysk epidemiologisk undersøgelse fra 2004 at være tre-doblet for personer, der lever inden for 400 meter fra en mobilmast (Eger H, Hagen KU, Lucas B, Vogel P, Voit H. 2004). Samtidigt bemærkedes en interessant virkning i forhold til alder når kræfttilfælde opdages, derved at borgere i de eksponerede områder blev syge gennemsnitligt 8 år før ikke-eksponerede.

En israelsk undersøgelse (Wolf R, Wolf D., 2004) understøtter det tyske resultat. Her påvises en fire-doblet cancerrisiko for personer, der i 3-7 år har levet inden for 350 meter fra en mobilmast.

Problemet er også undersøgt i Brasillien, hvor man fandt en særdeles høj overhyppighed af (35%) kræfttilfælde hos personer, der bor mindre end 100 meter fra en mobilmast. (Dode AC, Leão MM, Tejo Fde A, Gomes AC, Dode DC, Dode MC, Moreira CW, Condessa VA, Albinatti C, Caiaffa WT. 2011)

Et indisk resultat fra 2014 påviser samtidigt signifikant DNA-beskadigelse hos personer, der bor inden for 300 meter fra en mobilmast (Gandhi G, Kaur G, Nisar U. 2014)

In the light of the above observations and the statistically significant genetic damage observed in those residing within 300 m of a mobile phone base station in this study, it implies that the effects of radiations from mobile phone base stations (in the absence of any other incidental/accidental exposures) cannot be overlooked, as unrepaired DNA damage can lead to cancer, precocious ageing and age-related effects
--- Gandhi G, Kaur G, Nisar U. 2014, p8

De forskellige kræftformer, der er associeret med eksponering for mikrobølger repræsenterer selvfølgelig de mest forfærdelige følgevirkninger, bosættelse i nærheden af en mobilmast kan have, men der er registreret mange andre symptomer, der kan betyde væsentligt tab af livskvalitet for de ramte.

Et studie gennemført i Egypten (Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, El-Batanouny M, Salem E., 2007) undersøgte virkningerne af mikrobølgestrålingen fra en mobilantenne (placeret oven på en beboelses/kontorejendom) i en klassisk epidemiologisk undersøgelsesmetodologi, hvor man sammenligner niveauet af forskellige sygdomme og symptomer mellem to befolkningsgrupper, hvor den ene gruppe er udsat for den påvirkning, man ønsker at kende virkningen af. Forskergruppen anvendte en række forskellige undersøgelsesmetoder for at kvantificere de forskellige symptomer bedst muligt.

En del forskellige neurologisk-relaterede symptomer havde en signifikant ($P<0.05$) overhyppighed blandt de eksponerede personer:

Symptom	Prevalens (eksponerede)	Prevalens (kontrol)
Hovedpine	23,5%	10%
Hukommelsesproblemer	28.2%	5%
Svimmelhed	18.8%	5%
Sitren	9.4%	0%
Depression	21.7%	8.8%
Søvnforstyrrelse	23.5%	10%

Figur 31: Prevalens af forskellige symptomer hos personer eksponeret for mikrobølgestrålingen fra en mobilantenne set i forhold til ikke-eksponerede. Data fra: Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, El-Batanouny M, Salem E. 2007, p434

Herudover viste øvrige tests, at de eksponerede personer havde en signifikant lavere score i korttidshukommelse og problemløsning.

I Spanien besluttede et forskerhold (Navarro, E.A., J. Segura, M. Portoles, C. G-P de Mateo., 2003) at undersøge forekomsten af forskellige sygdomme hos personer i nærheden af en mobilmast. Undersøgelsen blev udført komparativt mellem to tilfældigt udvalgte befolkningsgrupper, hvor den ene gruppe boede længere fra en mobilmast end den anden. Derved kunne man statistisk beregne, at følgende lidelser havde en signifikant overhyppighed hos personerne i nærheden af mobilmasten set i forhold til personer, som bor længere fra masten:

Symptom	< 150 meter	> 250 meter	Signifikans (P)
Irritabilitet	1.56 ± 1.08	1.04 ± 1.02	< 0.05
Hovedpine	2.17 ± 0.86	1.53 ± 1.00	< 0.001
Appetitsløshed	0.96 ± 1.03	0.55 ± 0.88	< 0.05
Ubehag	1.41 ± 1.11	0.87 ± 0.97	< 0.02
Kraftesløshed	8.81 ± 4.79	6.21 ± 5.33	< 0.02
Søvnforstyrrelse	1.94 ± 0.92	1.28 ± 1.10	< 0.01
Depression	1.30 ± 1.19	0.74 ± 1.01	< 0.02
Koncentrationsbesvær	1.56 ± 1.14	1.00 ± 1.06	< 0.02
Svimmelhed	1.26 ± 1.14	0.74 ± 1.05	< 0.05

Figur 32: Prevalens af forskellige symptomer set i forhold til afstand fra mobilantenne. Data fra: Navarro, et al, 2003, p164.

Det bemærkes, at de observerede symptomer ikke er ukendte i det moderne danske samfund. Det stigende niveau af mikrobølgestråling i samfundet kan således vise sig at have afgørende indflydelse på borgernes helbred og velbefindende.

Tilsvarende undersøgelse (Santini, R., Santini, P., Seigne, M., Danze, J.M., 2001) blev lavet i Frankrig i 2001, hvor et forskerhold undersøgte, hvilke helbredsmæssige problemer, der er forbundet med nærhed til en mobilmast. Der kunne påvises signifikant dosis/effekt respons mellem forekomsten af følgende lidelser og nærheden til mobilmasten:

- Udiagnosticeret uforklarlig træthed
- Søvnforstyrrelser
- Hovedpine/migræne
- Ildebefindende
- Koncentrationsproblemer
- Depressioner
- Hukommelsesbesvær
- Irritabilitet
- Høreforstyrrelser
- Hudproblemer
- Hjerte/kar-sygdomme
- Svimmelhed

Andre forskere (Kundi, Michael; Hutter, Hans-Peter, 2009a) har med udgangspunkt i Santinis data beregnet symptomfrekvens for de forskellige symptomer og korreleret disse

til afstanden til masten, hvorved der fremkommer en meget tydelig dosis-respons-sammenhæng, som dog stadig antyder, at virkningen er højere i specifikke intensitetsvinduer som iagttaget i andre sammenhænge.

Sammenhængen mellem helbredsforstyrrelse og nærhed til en mikrobølgesender bekræftes også i en undersøgelse fra Schweiz, hvor man undersøgte søvnkvaliteten hos befolkningen i nærheden af en stor radiosender - før og efter denne skulle slukkes. ("Schwarzenburg shut-down study" Altpeter ES, Röösli M, Battaglia M, Pfluger D, Minder CE, Abelin T. 2006).

Et nyere japansk studie påviser på samme måde en forbedret helbredstilstand blandt beboerne i et lejlighedskompleks, hvor mobilantennerne på lejlighedskompleksets tag fjernes (Shinjyo, Tetsuharu; Shinjyo, Akemi., 2014)

To tyske læger publicerer i 2010 et forskningsresultat, der yderligere dokumenterer dosis-respons-virkning i forhold til helbredseffekter som funktion af afstanden til mobilmaster (Eger, H., Jahn, M., 2010). Der er i Tyskland en særdeles stor folkelig og lægelig bevågenhed i forhold til helbredseffekter fra trådløs teknologi, og de tyske bygningsbiologer er blandt verdens førende i forhold til at sikre indeklimamæssige forhold, der ikke virker helbredsnedbrydende. På den baggrund er de tyske lægers kritik af nuværende grænseværdiers manglende beskyttelse også total:

Festzustellen ist insofern aus rechtlicher Sicht, dass die jetzigen Grenzwertregelungen im Ergebnis keine ausreichende Gefahrenabwehr gewährleisten. Soweit offiziell nach wie vor darauf hingewiesen wird, dass die Grenzwerte der 26. BImSchV Vorsorge-Grenzwerte seien, ist dieses u.a. auch durch die vorliegende Untersuchung widerlegt, als hier ein signifikant erhöhtes Krankheitsrisiko in der Nachbarschaft von Mobilfunkanlagen aufgezeigt wird.

--- *Eger, H., Jahn, M., 2010, p138-139*

Samme læger benævner i slutningen af deres artikel den nuværende udbredelse af mobilmaster i samfundet som en forgiftning og foreslår ironisk, at myndighederne skulle fremkomme med en forklaring på den nuværende forgiftning!

Samtidigt fastslår de, at det er en læges pligt - uden hensyn til myndighedernes juridiske spidsfindigheder - at hjælpe sine patienter til at bevare liv og helbred:

Es ist ärztliche Pflicht weisungsungebunden an der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen im Hinblick auf die Gesundheit der Menschen hinzuwirken. Als Vertreter der öffentlichen Gesundheitsbehörden werden das Gesundheitsamt, das Landesamt für Umweltschutz sowie das Bayerische Umweltministerium als regionale, wie Bundesumweltministerium als zuständige staatliche übergeordnete Behörde und die Europäische Union aufgefordert, die Ursache dieser möglichen schleichenden Vergiftung zu bezeichnen.

--- *Eger, H., Jahn, M., 2010, p139*

For de mange EHS-ramte i Danmark (efter WHO's estimater kan der være tale om flere hundrede tusinder) vil det være en glædens dag, den dag danske læger finder samme mandsmod til at beskytte deres patienter.

Kapitel 8 - EHS

EHS

Elektromagnetisk Hyper Sensitivitet, EHS

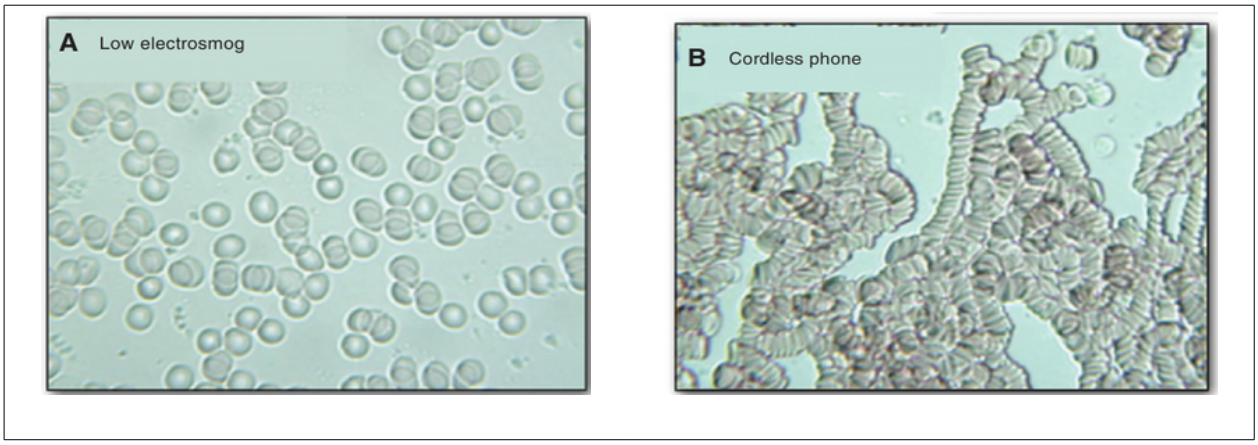
For nuværende pågår den største ændring af det elektromagnetiske miljø, menneskeheden har oplevet, gennem hele menneskehedens historie. Udbredelse af trådløs kommunikations- og underholdningsteknolgi har ændret baggrundsstrålingen for det høj-frekvente elektromagnetiske spektrum adskillige størrelsesordener.

Som forventet vil en så drastisk ændring af en arts miljø medføre væsentlige helbredsproblemer for artens enkeltindivider. Med fremkomsten af EHS er det moderne samfund i dag vidne til "toppen af isbjerget" for det problemfelt, der kan få omfattende konsekvenser for de følgende generationer.

EHS er en tilstand, hvor organismen udvikler en overfølsomhed overfor elektromagnetiske felter. Symptomerne kan være forbundet til eksponering for enkelte frekvenser, eller kan være gældende for hele det elektromagnetiske spektrum. Efter WHO's data er mellem 3% og 6% (WHO, 2011) af befolkningen ramt af tilstanden, hvilket betyder at mellem 168705 og 337410 danskere aktuelt er ramte af tilstanden.

Der eksisterer i dag en vid række af kliniske, epidemiologiske og eksperimentelle forskningsresultater, der både påviser tilstanden og etablerer interaktionsmekanismer mellem elektromagnetiske felter og biologiske systemer.

For nogle EHS-ramte kan eksponering for elektromagnetiske felter direkte aflæses i Rouleaux-formationer blandt blodets røde blodlegemer (Havas M, Marrongelle J., 2013)



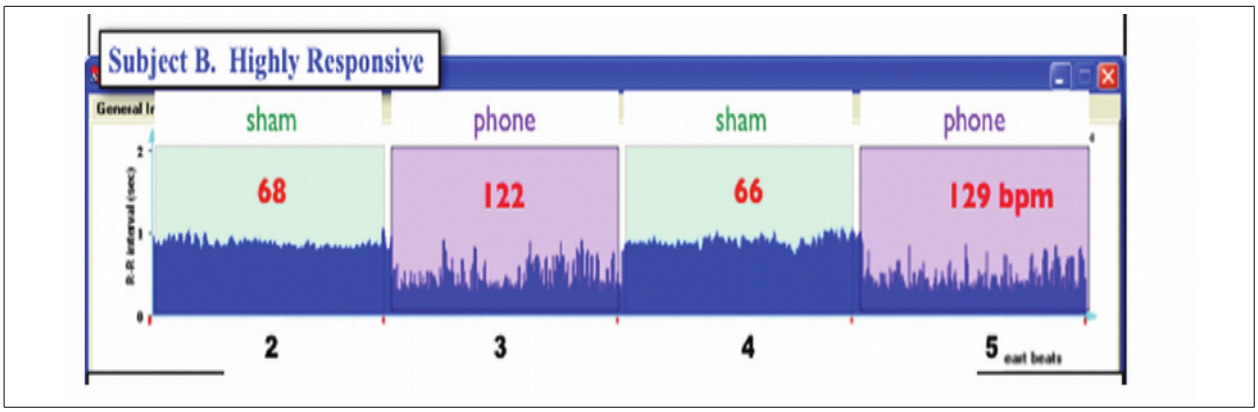
Figur 33: Roleaux-formationer efter udsættelse for mikrobølgestråler. Illustration: Havas M, Marrongelle J., 2013

Rouleaux-formationer er en patologisk tilstand (et sygdomstegn) og er et udtryk for, at de røde blodlegemer klumper sig sammen i stakke, hvilket er stærkt uhensigtsmæssigt, idet det

mindsker blodets evne til ilttransport og forøger risikoen for blodpropper. I ovenstående eksperiment kunne tilstanden måles allerede efter 10 minutters eksponering til en standard (kommercielt tilgængeligt) trådløs telefon ved 0,5% af nuværende grænseværdi. Forskerne fremfører i øvrigt, at man på baggrund af blodets tilbagevenden til normaltilstanden vil kunne kvantificere et individs niveau af EHS.

Uafhængigt af dette resultat er eksponering for elektromagnetiske felter i andre sammenhænge sat i forbindelse med forhøjet risiko for hjerte-kar-sygdomme (Vangelova K, Deyanov C, Israel M., 2006) og med sammenklumpning af blodplader, hvilket kan lede til blodpropper (Khamidova, Gulzoda M., 2014)

For nogle EHS-ramte bliver hjerterytmen også påvirket:



Figur 34: *Tachycardi ved udsættelse for mikrobølgestråler. Illustration: Havas M, Marrongelle J., 2013*

Ved eksponering for elektromagnetiske felter oplever forsøgspersonen stærkt forhøjet puls (næsten fordobling) og oplever samtidigt stærkt irregulær pulsfrekvens. Eksponeringskilden var en trådløs telefon - strålingsintensiteten var på 0,5% af den tilladte grænseværdi.

Påvirkning af hjerterytmen dokumenteres også af andre forskere. I et resultat frs 2008 påvistes ændring af hjerterytmen hos fostre og nyfødte, når moderen eksponeredes for mikrobølger fra mobiltelefoner i blot 10 minutters (Rezk AY, Abdulqawi K, Mustafa RM, Abo El-Azm TM, Al-Inany H., 2008.)

I et klinisk-eksperimentelt forsøg i Kina (Bin Lv, Zhiye Chen, Tongning Wu, Qing Shao, Duo Yan, Lin Ma, Ke Lu, Yi Xie. 2014) blev et antal forsøgspersoner udsat for mikrobølgestråling svarende til en 4G mobiltelefon i et niveau, der er under gældende grænseværdier. Forsøgspersonerne vidste ikke, hvorvidt de blev eksponeret eller ej - alligevel kunne effekten af bestrålingen måles i hjerneaktiviteten ved hjælp af fMRI efter blot 30 minutters eksponering.

I et tilsvarende eksperiment fra 2011 undersøgte en forskergruppe (McCarty DE, Carrubba S,

Chesson AL, Frilot C, Gonzalez-Toledo E, Marino AA., 2011) en EHS-ramt læges reaktioner på elektromagnetiske felter og fandt signifikant ($p < 0.05$) sammenhæng mellem eksponering og symptomer som hovedpine, muskelsitren, uregelmæssig hjerterytme og smertefornemmelse allere efter 100 sekunders eksponering. Eksperimentet var selvfølgelig tilrettelagt "dobbelt-blindet", altså hvor hverken forsøgsleder eller forsøgsperson ved, om strålingskilden er tilsluttet i de enkelte eksperimenter. På denne måde udelukkes muligheden, for at psykologiske faktorer spiller ind i eksperimentets resultater:

The subject demonstrated statistically reliable somatic reactions in response to exposure to subliminal EMFs under conditions that reasonably excluded a causative role for psychological processes. (...) EMF hypersensitivity can occur as a bona fide environmentally inducible neurological syndrome.

--- McCarty, et al., 2011, p670

EHS kan manifestere sig i form af flere forskellige symptomer som eksempelvis hovedpine, svimmelhed, sitren, koncentrationsbevær, hukommelsesbesvær, nedsat reaktionstid, søvnforstyrrelser og synsforstyrrelser (Santini R, Santini P, Danze JM, et al., 2002; Abdel-Rassoul G, Abou El-Fateh O, Abou Salem M, et al., 2007; Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M., 2006; Kolodynski AA, Kolodynska VV., 1996).

I en finsk undersøgelse af EHS-ramte beregnedes, at det mest fremherskende symptom i forbindelse med eksponering for elektromagnetiske felter var stress (60,3%). Søvnforstyrrelser blev oplevet af 59,3% og træthed af 57,2% (Hagström M, Auranen J, Ekman R., 2013)

Der er lavet en del forskellige såkaldte provokationsforsøg, hvor forskere forsøger at afklare, hvorvidt enkelte personer kan føle tilstedeværelsen af et elektromagnetisk felt. Sådanne studier kan være med til at afklare yderligere detaljer i EHS-problematikken; men de er meget komplekse at udføre metodologisk korrekt, idet udefrakommende elektromagnetiske felter kan indgå som confounders i undersøgelsen.

Samtidigt er det påvist, at et elektromagnetisk felt kan forårsage neurofysiologiske ændringer uafhængigt af, hvorvidt forsøgspersonen er i stand til korrekt at opfatte feltet (McCarty DE, Carrubba S, Chesson AL, Frilot C, Gonzalez-Toledo E, Marino AA., 2011)

Kompleksisten i forsøgsproceduren understreges af, at nogle EHS-ramte reagerer på særdeles lave intensiteter af elektromagnetiske felter, samt at de frekvenser, forskellige EHS-ramte reagerer på, er vidt forskellige. Der er således tre specifikke metodologiske krav til et sådant provokationsstudie, før dets resultater kan siges at være valide i forhold til egentlig udforskning af problemfeltet:

<u>1: Forsøgslokalets baggrundsstråling:</u>

I et teknisk laboratorium vil der ofte være betydelige elektriske, magnetiske og/eller elektromagnetiske felter - eksempelvis fra elektrisk drevet teknisk/digitalt udstyr. Samtidigt vil forskere i laboratoriet (og tilstødende laboratorier) ofte have forskellige trådløst kommunikerende enheder (mobiltelefoner, ipads, trådløse computere, etc), og slutteligt er sådanne laboratorier ofte placeret i universiteterne i storbyerne, hvor der i forvejen er et væsentligt forhøjet niveau af elektromagnetisk stråling i stort set alle frekvenser. Det kan således være svært (eller direkte umuligt) for den EHS-ramte at adskille ubehaget fra baggrundsniveauet af elektriske/magnetiske/elektromagnetiske felter i forsøgslokalet fra den konkrete eksponering. Eksperimentet må derfor tage hensyn hertil og gennemføre forsøget i en lokalitet, hvor der, ved måling, kan dokumenteres et tilstrækkeligt lavt niveau af elektrisk/magnetisk/elektromagnetisk forstyrrelse i alle bølgelængder. SBM2008 giver retningslinier for anbefalede grænseværdier for EHS-ramte.

2: Specifik frekvensrespons:
For de fleste EHS-ramte er der specifikke frekvensområder, der giver større biologisk virkning (ubehag) end andre. På trods af den indlysende karakter af dette forhold - man ville eksempelvis heller ikke teste mælkeallergikere ved at fodre forsøgspersonen med gulerødder - er der forbløffende få studier, der rent faktisk tager hensyn hertil. Eksperimentet skal derfor indeholde en afklarende fase, hvor hver enkelt forsøgspersons individuelt-specifikke frekvensrespons afklares.

3: Krydsreaktioner med MCS:
Mange EHS-ramte har samtidigt - i større eller mindre grad - symptomer på MCS. I et forsøgslaboratorium, hvor der ikke er taget hensyn dertil, vil den EHS-ramte således have meget svært ved at adskille ubehaget fra MCS-relaterede symptomer med ubehaget fra en kontrolleret eksponering. Eksperimentet skal derfor foregå i en lokalitet, der er sikret fri for eksponeringskilder, der kan forårsage MCS.

Med mindre der specifikt er taget hensyn til alle tre ovenstående forhold, må provokationsstudiets metodologiske karakter anses for så svag, at eksperimentets resultater er behæftede med så alvorlige validitetsproblemer, at deres forskningsmæssige værdi er særdeles diskutabelt.

Samtidigt er der eksperimenter, hvor man finder sammenhæng mellem eksponering og helbredsvirkninger - også selv om forsøgspersonerne (formentlig af ovenstående årsager) ikke kan registrere eksponeringen (Hillert L, Akerstedt T, Lowden A, Wiholm C, Kuster N, Ebert S, Boutry C, Moffat SD, Berg M, Arnetz BB. 2008)

I eksperimenter, hvor der tages hensyn til alle tre ovenstående forhold, er EHS-ramtes sikkerhed for korrekt at opdage eksponeringen dog forbløffende høj. Et eksperiment (Rea WJ,

Pan Y, Fenyves EJ, Sujisawa, Suyama H, Samadi N, Ross GH., 1991) melder således om 100% korrekt detektering af det elektromagnetiske felt i et dobbelt-blindet forsøgssetup:

The active frequency was found to be positive in 100% of the challenges, while all of the placebo tests were negative. we concluded that this study gives strong evidence that electromagnetic field sensitivity exists, and can be elicited under environmentally controlled conditions.
--- Rea, et al., 1991, p241

Den manglende registrering af forekommende elektromagnetiske felter i forsøgslokaler og laboratorier antages i øvrigt at have udslagsgivende effekt i flere replikationsstudier, derved at det almindeligt forekommende elektromagnetiske felt i forsøgslokalet i visse tilfælde kan overstige de eksponeringsniveauer, man forsøger at afklare effekten af:

"As described in the previous paragraphs, there are frequently contradictory results in the bioelectromagnetic experiments performed by different labs. One factor that we have found to be very important and able to completely change the results of a biological experiment is the influence of the stray electromagnetic fields that exist inside any lab.

Within a usual room inside a house or laboratory there are 50-60 Hz fields due to the electric wirings and electrical appliances. Close to the walls, near to sockets or close to electrical appliances one can measure electric fields up to 50 V/m and magnetic fields up to 10 mG. Such fields are found to affect biomolecules, cells and whole organisms in different ways and therefore to affect the outcome of any biological experiment."
--- Panagopoulos & Margaritis, 2008, p117

<u>Diagnosticeringsmæssige perspektiver i forhold til EHS:</u>

En tysk forskergruppe (Tuengler A, von Klitzing L., 2013) rapporterer at have udviklet en diagnosticeringsmetode til EHS, hvor de simultant måler variationer i hjerterytmen (ECG), variationer i mikrocikulation (blodgennemstrømning i kapillærer) og elektrisk potentialeforskel i hudoverfladen.

Rimbach-studiets (Buchner, Klaus & Eger, Horst. 2011) målinger af forskelle i biomarkører for det adrenerge nervesystem før og efter opsætning af en mobilmast i Rimbach har også mulige diagnostiske perspektiver. Tilsvarende har en forskergruppe i Egypten (Eskander EF, Estefan SF, Abd-Rabou AA., 2012) målt mindskning i niveauet af ACTH, kortisol, stofskiftehormoner, prolactin (ved yngre kvinder) og testosteron (for mænd i alle aldre)

En anden forskergruppe har udviklet en diagnosticeringsmetode for både MCS og EHS baseret på måling af forskellige biomarkører (De Luca C, Thai JC, Raskovic D, Cesareo E, Caccamo D, Trukhanov A, Korkina L. 2014). Samtidigt påvises en speciel genkombination, som giver 9.7 gange forhøjet risiko for udvikling af EHS.

Fortsat udvikling af diagnosticeringsmetoder er selvfølgelig stadig i høj grad påkrævet; men de allerede publicerede metoder kunne være relevant i tilfælde, hvor borgergrupper forsøger at forhindre myndighedsgodkendelse af opsætning af yderligere trådløst udstyr. Hvis man med før-og-efter målinger kan dokumentere ændringer i væsentlige biomarkører, vil det formentlig have et vist potentiale i forbindelse med retslige skridt som eksempelvis erstatningssager.

Samtidigt er der fra forskningsside en tiltagende opmærksomhed på problemforholdet:

It seems necessary to give an International Classification of Diseases to EHS to get it accepted as EMF-related health problems. The increasing exposure to RF-EMF in schools is of great concern and needs better attention. Longer-term health effects are unknown. Parents, teachers, and school boards have the responsibility to protect children from unnecessary exposure.

--- Hedendahl, Carlberg, Hardell, 2015, (epub - DOI: 10.1515/reveh-2015-0012)

Prevalens af EHS og EHS-relaterede symptomer

I lighed med tobaksrygning er udnyttelse af trådløs teknologi ikke kun en privat sag for den enkelte borger, men et samfundsanliggende som angår alle borgerne, idet et individs valg kan påvirke mange andre personers helbred og livskvalitet væsentligt. Et studie fra Japan (Kato Y, Johansson O., 2012) angiver således, at 65% af EHS-ramte oplever helbredspåvirkning fra mikrobølgestrålingen fra andre personers trådløse enheder ved anvendelse af offentlige transportmidler, mens 12% angiver, at de ikke længere kan benytte offentlige transportmidler på grund af helbredspåvirkningen fra mikrobølgestrålingen fra andre personers trådløse enheder.

I en østrisk undersøgelse fra 2008 angives prevalensen af EHS at være steget til 3,5% fra 2% i 1994 (Schröttner J, Leitgeb N., 2008). Med den fortsatte udbredelse af mikrobølgebaseret kommunikations- og underholdningselektronik vil det være rimeligt at antage, at prevalensen er endnu højere i dag.

En tilsvarende undersøgelse gennemført i Schweiz i 2004 (Schreier N, Huss A, Röösli M., 2006) beregner prevalensen til 5% (95%CI: 4-6%), og angiver endvidere de to oftest forekommende symptomer, nemlig hovedpine og søvnforstyrrelser. Et andet interessant aspekt af undersøgelsen er, at 53% af respondenterne er bekymrede over mulige helbredseffekter fra elektromagnetiske felter - uden at de selv regner sig for EHS-ramte. Der ligger således en meget stor latent bekymring for problemfeltet hos den almene befolkning, hvilket understreger vigtigheden af relevant og korrekt information om eksponeringsreducerende tiltag for almenheden.

I en genberegning af data fra en spansk undersøgelse fra 2003 (Navarro, E.A., J. Segura, M. Portoles, C. G-P de Mateo. 2003) konstateredes det i øvrigt, at forekomsten af EHS-relaterede symptomer er signifikant korreleret til eksponeringsintensitet - uafhængigt af demografiske faktorer (Gómez-Perretta C1, Navarro EA, Segura J, Portolés M., 2013). Genberegningen anvendte en mere avanceret statistisk beregningsmetode end den oprindelige undersøgelse og kunne dermed samtidigt godtgøre, at bekymring om mulige helbredseffekter ikke er udslagsgivende for forekomsten af helbredseffekter.

Sammenhængen mellem eksponering og helbredseffekter genfindes i et studie fra Iran, hvor nærhed til en mobilmast korreleres ($p<0,05$) med helbredsvirkninger som svimmelhed, irritabilitet, nervøsitet, depression, ubehag, søvnforstyrrelse og rejsningsbesvær (Shahbazi-Gahrouei D, Karbalae M, Moradi HA, Baradaran-Ghahfarokhi M., 2014).

En nyere undersøgelse fra Kina underbygger samme forhold, hvor eksponering for

mikrobølgestråling fra et mobiltårn statistisk signifikant ($p < 0.05$) korreleres med EHS-relaterede symptomer som hovedpine, svimmelhed, søvnløshed, hukommelsesbesvær, reduceret reaktionstid og humørsvingninger

EHS-lignende symptomer og tilstande kan også observeres hos børn og unge mennesker, hvilket gør den tiltagende installation af mikrobølgebaserede netværksløsninger i uddannelsesinstitutioner særdeles problematisk. Et studie fra Taiwan (Chiu CT, Chang YH, Chen CC, Ko MC, Li CY., 2014) godtgør således, at brug af mobiltelefon er korreleret til et signifikant forhøjet OR for hovedpine og migræne (1.42, 95% CI = 1.12-1.81) og hudkløe (1.84, 95% CI = 1.47-2.29). Samtidigt beregnes det, at børn som bruger mobiltelefon, har dårligere helbredstilstand end de havde året forinden.

Although the cross-sectional design precludes the causal inference for the observed association, our study tended to suggest a need for more cautious use of MPs in children, because children are expected to experience a longer lifetime exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) from MPs [mobile phones].

--- Chiu, et al., 2014, p1

Lignende forhold dokumenteres i en undersøgelse blandt japanske teenagere, hvor det findes, at høj grad af brug af mobiltelefoner er korreleret ($P < 0.001$) til færre søvntimer og mindre sportsdeltagelse (Ikeda K, Nakamura K., 2014). Samme undersøgelse finder associationer mellem mobilbrug og "deprimeret humør" ($P=0.005$) og "træthed" ($P<0.001$)

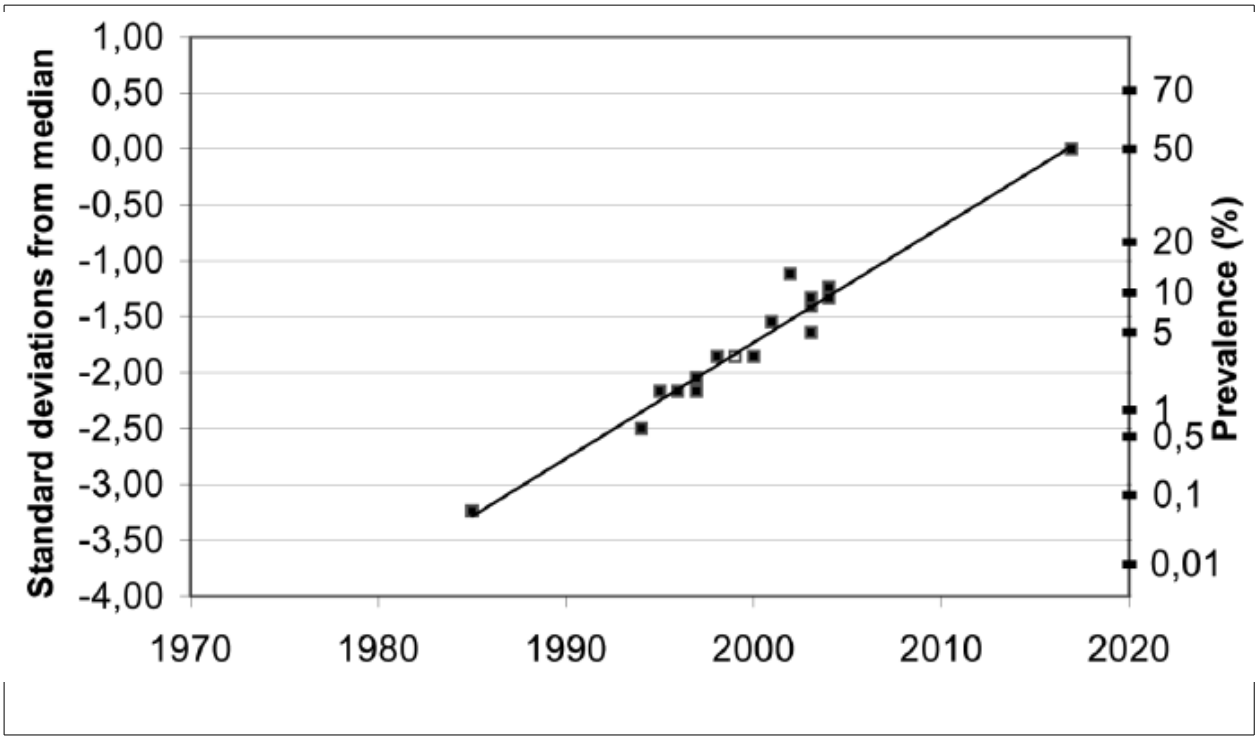
Increased duration of mobile phone use is associated with unfavorable psychological mood, in particular, a depressed mood. Decreasing mobile phone use may help maintain appropriate mental health in very long-duration users.

--- Ikeda K, Nakamura K., 2014, p187

Samtidigt indikeres en korrelation mellem EHS og MCS i en nyere undersøgelse (Nordin S, Neely G, Olsson D, Sandström M., 2014), hvilket understreger det samfundsmæssige ansvar overfor EHS-ramte personer, derved at både elektromagnetiske felter og parfume/duftstoffer er næsten umulige at undgå ved blot et minimum af social interaktion i dagens samfund.

Som det umiddelbart fremgår af ovenstående, kan symptombilledet ved EHS have en vis lighed med symptombilledet for andre funktionsnedsættende lidelser uden erkendt ætiologi, hvorfor der er et uafklaret potentiale for fejldiagnoser i forbindelse hermed. Samtidigt ses et konstant stigende antal EHS-ramte (og MCS-ramte).

En undersøgelse fra 2006 beregnede (Hallberg, Oerjan; Oberfeld, Gerd., 2006) den forventede stigning i EHS på baggrund af den rapportede prevalens i forskellige undersøgelser og estimater. Ved ekstrapolering af datamængden nås et ret skræmmende billede, nemlig at prevalensen vil nå 50% af befolkningen før 2020:



Figur 35: Rapporteret antal EHS-ramte i 2006 og efterfølgende ekstrapolering. Illustration: Hallberg, Oerjan; Oberfeld, Gerd., 2006, p190

Bemærk i øvrigt, at kurvens estimater gælder det reelle antal EHS-ramte, hvilket ikke nødvendigvis er det samme som det diagnosticerede niveau af EHS-ramte, idet symdomsbilledet for en EHS-ramt kan være så diffust, at det er meget vanskeligt for behandlere uden dyb indsigt i EHS-relaterede problemer at stille de rigtige diagnoser.

Endokrine og neurofysiologiske virkninger

I ældre litteratur finder man ofte henvisninger til, at EHS ikke kan påvises objektivt, idet man i moderne evidensbaseret medicin ofte lægger meget lidt vægt på patientens egen opfattelse af tilstanden og udelukkende støtter diagnosen på kvantificerede målinger.

I de senere år er der dog sket en væsentlig forskningsmæssig indsats, og helbredseffekterne kan i dag måles på mange forskellige biomarkører, således at påvirkningen i mange tilfælde nu kan dokumenteres objektivt - ved eksponeringsniveauer, der er meget lavere end nuværende grænseværdier.

En sådan undersøgelse er fra 2010, hvor et forskerhold udførte kemiske analyser af spytprøver fra mennesker, der i 2 x 50 min var eksponeret for 900MHz GSM ved 5,2μW/m^2; 153,6μW/m^2 og 2126,8μW/m^2 (Augner C, Hacker GW, Oberfeld G, Florian M, Hitzl W, Hutter J, Pauser G., 2010.). I forbindelse med eksponeringen kunne der iagttages øgede værdier for cortisol og alpha-amylase, hvilket indikerer en neurofysiologisk stress-tilstand.

Et lignende, men betydeligt mere robust resultat kommer fra en tysk forskergruppe i 2011, hvor man undersøgte stress-markører i det adrenerge nervesystem hos personer bosat i Rimbach i Tyskland, hvor teleindustrien på daværende tidspunkt opførte en mobilmast (Buchner, Klaus & Eger, Horst. 2011). De forskellige biomarkører blev målt, inden eksponeringen startede, og forskerne fortsatte målingerne over halvandet år.

Resultaterne var forbløffende. Niveauet af stress-hormoner (adrenalin og noradrenalin) øges signifikant ($p<0,0002$) allerede i de to første måneder efter installation af mobilmasten (hvorefter de stabiliseres for de mindst eksponerede). Tilsvarende falder niveauet af dopamin signifikant ($p<0,0002$) efter eksponeringens start. Niveauet af phenylethylamine (PEA, en vigtig neurotransmitter med betydning for velbefindende, blandt andet gennem stimuleret frigivelse af dopamin) falder ligeledes konstant gennem hele forsøgsperioden ($p<0,0001$).

Med tanke på den nuværende fokus på stress som "folkesygdom" er det tyske studie særdeles interessant. Resultaterne derfra giver mulighed for at fremsætte en hypotese, hvor i hvert fald en del af de personer, der i det moderne samfund føler sig stressede, kunne ændre deres situation positivt ved at søge at undgå mikrobølgeeksponering.

Forfatterne nævner selv den kliniske betydning af deres resultater og sammenhængen mellem de observerede ændringer og det klassiske sygdomsbillede for stress-ramte. Samtidigt kunne der, efter igangsætningen af mobilmasten i Rimbach, iagttages øgede forekomster af migræne/hovedpine, koncentrationsbesvær, søvnforstyrrelser og allergi:

Somit lässt sich als Hypothese aufstellen: Trotz unveränderter Lebensgewohnheiten kommt es bei den Probanden über die Mikrowellenbelastung der neu errichteten Sendeanlage zu einem chronischen Stresszustand mit primärem Anstieg von Adrenalin/ Noradrenalin und konsekutivem Abfall von Dopamin. In der Phase der Gegenregulation fällt das „trace amine" PEA und bleibt abgesenkt. Dies hat erhebliche klinische Relevanz, da psychiatrische Krankheitsbilder ebenfalls veränderte PEA-Werte ausweisen. In Rimbach konnte die Zunahme von Schlafstörungen, Cephalgie, Schwindel, Konzentrationsstörung und Allergie nach Sender - einschaltung klinisch dokumentiert werden. Über die Störung der humoralen Stressachse sind die neu aufgetretenen Symptome klinisch begründbar.

--- Buchner, Klaus & Eger, Horst., 2011, p55

Andre neurofysiologiske markører påvirkes også af mikrobølgestrålingen. I 2008 dokumenterede et forskerhold, at hjerterytmen ændres ved påvirkning fra en almindelig mobiltelefon. (Andrzejak R, Poreba R, Poreba M, Derkacz A, Skalik R, Gac P, Beck B, Steinmetz-Beck A, Pilecki W. 2008). Eksponeringskilden var en 1800MHz mobiltelefon (SAR=0,48W/kg), som forsøgspersonerne anvendte i 20 minutter.

Påvirkningen kan også måles i forsøgspersoners søvnmønstre og EEG under søvn (Lowden A, Akerstedt T, Ingre M, Wiholm C, Hillert L, Kuster N, Nilsson JP, Arnetz B. 2011). Et interessant aspekt ved undersøgelsen er, at virkningerne kunne måles uafhængigt af, hvorvidt personen forinden følte symptomer ved anvendelse af trådløs teknologi. Helbredsvirkningerne er således ikke isoleret til EHS-ramte, men har betydning for hele befolkningen.

Ændringer i EEG ved eksponering for mikrobølgestråling fra mobiltelefoner er samtidigt blevet målt af andre forskerhold (Maby E, Le Bouquin Jeannes R, Faucon G. 2006; Perentos N, Croft RJ, McKenzie RJ, Cosic I., 2013; Schmid MR, Loughran SP, Regel SJ, Murbach M, Bratic Grunauer A, Rusterholz T, Bersagliere A, Kuster N, Achermann P. 2012). Sidstnævnte forskerholds resultater er dog specifikt interessante, derved at de observerede mikrobølge-inducerede ændringer i EEG udviser betydelig individuel variation blandt forsøgspersonerne, hvilket støtter hypotesen om, at mennesker reagerer forskelligt (formentlig afhængig af genetisk udgangspunkt) på eksponering for mikrobølger.

Consistent with previous findings, our results provide further evidence that pulse-modulated RF EMF alter brain physiology, although the time-course of the effect remains variable across studies. Additionally, we demonstrated that modulation frequency components within a physiological range may be sufficient to induce these effects.

--- Schmid, et al., 2012, p50

De registrerede ændringer i EEG støttes af andre resultater (Vecchio F, Babiloni C, Ferreri F, Curcio G, Fini R, Del Percio C, Rossini PM. 2007), som er ekstra interessante, idet forskere fra samme team senere påviser forskelle i EEG-reaktioner som følge af mikrobølgeeksponering mellem yngre og ældre personer.

Ud over ændringer i søvn-EEG forårsager eksponering for mikrobølger fra mobiltelefoner også

ændringer i kognitive reaktioner, (Regel SJ, Tinguely G, Schuderer J, Adam M, Kuster N, Landolt HP, Achermann P., 2007):

In summary, this study reveals first indications of a dose-response relationship between EMF field intensity and its effects on brain physiology as demonstrated by changes in the sleep EEG and in cognitive performance.
--- Regel, et al., 2007, p253

Ikke blot mikrobølger; men en vid række af elektromagnetiske frekvenser og forstyrrelser kan påvises at have biologiske virkninger. I en af de eneste prospektive undersøgelser i forhold til bioreaktiviteten af elektriske/magnetiske felter påviser et forskerhold (Li, et al, 2012) således, at *in utero* eksponering for magnetfelter øger risikoen (OR=1.69, 95% CI=1.01–2.84) for, at barnet udvikler overvægt senere i livet. Sammenhængen udviste i øvrigt dosis-respons-sammenhæng. Fra samme undersøgelse publiceredes året før (Li, et al, 2011) et andet interessant resultat, hvor *in utero* eksponering for magnetfelter øgede risikoen for, at barnet senere i livet udvikler astma. For hver 1mG forøgning af moderens magnetfeltseksponering under graviditeten øges barnets risiko for at udvikle astma med 15%.

De mange forskelligartede påvirkningsmekanismer og deraf følgende brede spektrum af forskellige symptomer giver - især kombineret med en forholdsvis ringe udbredt viden om EHS - en reel risiko for, at en betragtelig del af de forskellige udefinerbare funktionelle lidelser i deres egentlige ætiologi er relateret til forskellige niveauer af EHS.

EHS-relaterede resultater fra modelorganismer

Forsøg med både planter og dyr er vigtige i udforskningen af de forskellige interaktioner mellem elektromagnetiske felter og biologiske organismer, idet der gives mulighed for at udføre målinger i bestemte kontrollerede forhold. Samtidigt giver modelorganismerne en sikkerhed for, at de målte biologiske reaktioner ikke er behæftet med en confounder i forhold til, hvorvidt menneskets opfattelse af eksponeringen påvirker vedkommendes velbefindende.

Ved museforsøg er der således dokumenteret neuropatologiske ændringer hos mus, der eksponeres in-utero (under fostertilstanden), som leder til adfærdsmæssige og neurofysiologiske ændringer i musenes voksenliv (Aldad, T.S., Gan, G., Gao, X-B., & Taylora, H.S., 2012). Eksponeringskilden var almindelige kommercielt tilgængelige mobiltelefoner med SAR=1,6-1,7 W/kg.

Mice exposed during pregnancy had impaired memory, were hyperactive, and had decreased anxiety, indicating that in-utero exposure to radiofrequency is a potential cause of neurobehavioral disorders.
--- Aldad, et al., 2012, p5

De observerede neurofysiologiske ændringer, og den observerede stigning i hyperaktivitet, kunne være relevante i forhold til den omfattende stigning i hyperaktivitets-relaterede diagnoser blandt børn idag.

Bioreaktiviteten af mikrobølgestrålerne fra mobilmaster og mobiltelefoner kan formentlig også findes i naturmiljøet i nærheden af mobilmaster og tilsvarende installationer. Et vigtigt resultat af denne art stammer fra 2010, hvor en forsker eksponerede et antal frø-æg for mikrobølgebestråling fra en mobil-mast i en afstand af 140 meter (Balmori A., 2010). Dvs at bestrålingstilstanden var normaltilstanden i pågældende laboratorie. Kontrolgruppen blev anbragt på samme lokaltion, men beskyttet af et faraday-bur. I den eksponerede gruppe døde 90% af æggene/nyklækkede haletudser - i kontrolgruppen var tallet kun 4,2%

Resultat indikerer meget vidtrækkende virkninger i forhold til både menneskers og den omgivende naturs helbredstilstand i forhold til den stigende eksponering for mikrobølger fra trådløs kommunikationsteknologi.

I et tidligere studie (Balmori A, Hallberg O. 2007) har samme forsker i øvrigt påvist signifikant ($P = 0.0037$) negativ korrelation mellem antallet af fugle (gråspurve) og mikrobølgestrålingsintensiteten på forskellige områder i nærheden af Valladolid i Spanien. Studiet blev foretaget mellem oktober 2002 og maj 2006. Korrelationen støttes af identiske resultater hos andre forskere (Everaert J, Bauwens D. 2007).

De bioreaktive virkninger af mikrobølgestråling fra kommercielt tilgængelige trådløse enheder kan også iagttages i form af ændrede bevægelsesmønstre hos myrer (Cammaerts MC, Johansson O., 2014).

Hos rotter kan bioreaktiviteten blandt andet aflæses i ændrede niveauer af kortikale neurotransmittere efter eksponering for 900MHz mikrobølgestråling i en time om dagen i fire måneder ved SAR=1,165W/kg (Khadrawy, Yasser A., Ahmed, N. A., Aboulezz, H. S., Radwan, N. M. 2009). Tilsvarende rotteforsøg fra Indien (Narayanan SN, Kumar RS, Kedage V, Nalini K, Nayak S, Bhat PG. 2014) dokumenterer oxidativt stress i rottehjerner efter eksponering for mikrobølgestråling fra en 900MHz mobiltelefon i 1 time om dagen i 28 dage ved SAR= 1,58W/kg. Forfatterne foreslår, at den observerede ændrede adfærd hos rotterne skyldes virkningen af den påviste oxidative stress. Adfærdsændringer og strukturændringer i hippocampus hos rotter eksponeret for GSM mobiltelefon i 45 sekunder pr time i fire uger er ligeledes dokumenteret (Narayanan SN, Kumar RS, Potu BK, Nayak S, Bhat PG, Mailankot M. 2010)

Ved 2450MHz mikrobølgestråling i 2 timer om dagen i 21 dage ved SAR= 0.98 og 3.6μW/g (0,00098 W/kg - 0.0036W/kg) ændredes både emotionel reaktivitet og hormonniveau i skjoldbruskkirtlen hos eksponerede rotter (Sinha RK. 2008)

Hos bananfluer kan virkningen af GSM-mobiltelefoner, DECT-trådløse telefoner, WiFi, Bluetooth, trådløse baby-alarmer, etc måles i mindsket reproduktiv kapacitet og tiltagende celledød blandt follikler (Margaritis LH1, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, Georgiou E, Giannakopoulou O, Kollia I, Kontogianni G, Kourouzidou A, Myari A, Roumelioti F, Skouroliakou A, Sykioti V, Varda G, Xenos K, Ziomas K., 2014)

Hos protozoer resulterer mikrobølgeeksponering allerede ved 0,1W/m2 i signifikant mindskelse af bevægeligheden over 10-15 generationer, hvilket indikerer, at de resulterende genetiske ændringer kan videregives til næste generation (Sarapultseva EI, Igolkina JV, Tikhonov VN, Dubrova YE. 2014)

Neurokognitionsmæssige virkninger

Der er dokumenteret problemer med opfattelse af fonemer, reduceret hukommelse, øget træthed og nedsat effektivitet i opgaveløsning hos børn i aldren 7-12 år ved anvendelse af mobiltelefoner (Khorseva NI, Grigor'ev IuG, Gorbunova NV. 2011)

I et andet eksperiment scorede 9 ud af 11 forsøgspersoner signifikant (p=0,0105) lavere testresultater i kognitiv test ved 50min eksponering for standard kommercielt tilgængelig mobiltelefon allerede ved strålingsintensitet på 1mW/m^2 (Maier R, Greter SE, Maier N. 2004)

We could show that the participants' cognitive performance was impaired after exposure to pulsed electromagnetic fields. With regard to this finding, we recommend that the use of cellular phones should be restricted generally and in particular in respect of physical hazard of high-risk groups, e.g. elderly, children and ill people.

--- Maier R, Greter SE, Maier N., 2004, p46

En undersøgelse lavet på baggrund af data fra danske databaser viser, at prenatal og postnatal eksponering for mikrobølgestråler fra mobiltelefoner kan korreleres til adfærdsmæssige problemer i forhold til hyperaktivitet og følelsesmæssige forstyrrelser ved skolestart (Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J., 2008).

En opfølgende undersøgelse omfattende endnu flere individer fra samme database viste stadig forhøjet risiko (OR=1.5; 95% CI: 1.4-1.7) for adfærdsproblemer hos børn, hvis de prenatalt/postnatalt har været eksponeret for mikrobølgestråling fra mobiltelefoner (Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. 2012).

Neurokognitive virkninger ved eksponering for mikrobølgestråling kan også findes ved dyreforsøg.

Ved eksponering for 900/1800 MHz GSM mikrobølgestråling to timer om dagen fem gange om ugen i 30 dage ved SAR=0,5953-0,5835 mW/kg registreredes signifikant mindskelse af rotternes kognitive funktion, forøget niveau af oxidativt stress og forhøjet niveau af cytokiner (hvilket indikerer en inflammatorisk tilstand) (Megha K, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Abegaonkar MP., 2012)

Significant impairment in cognitive function and induction of oxidative stress in brain tissues of microwave exposed rats were observed in comparison with sham exposed groups. Further, significant increase in level of cytokines (IL-6 and TNF- alpha) was also observed following microwave exposure. Results of the present study indicated that increased oxidative stress due to microwave exposure may contribute to cognitive impairment and inflammation in brain.

--- Megha, et al., 2012, p889

Tilsvarende findes i et indisk studie fra 2013, hvor der påvistes ændringer i rotters kognitive funktion og oxidativ stress i hjernen ved eksponering for 900MHz mikrobølgestråling i to timer pr dag 5 gange om ugen ved SAR=0.000084738 W/kg (Deshmukh PS, Banerjee BD, Abegaonkar MP, Megha K, Ahmed RS, Tripathi AK, Mediratta PK. 2013).

Results showed significant impairment in cognitive function and increase in oxidative stress, as evidenced by the increase in levels of MDA (a marker of lipid peroxidation) and protein carbonyl (a marker of protein oxidation) and unaltered GSH content in blood. Thus, the study demonstrated that low level MW radiation had significant effect on cognitive function and was also capable of leading to oxidative stress.
---Deshmukh, et al., 2013, p114

Givetvis er rotter mindre end mennesker, men det er bemærkelsesværdigt lave SAR-værdier, der foranlediger de påviste virkninger. I samme forbindelse kan det være nyttigt at erindre, at SAR-værdien netop udtrykker mængden af absorberet stråling pr masseenhed, hvorfor det i udgangspunktet er en relativ måling, som man derfor skulle kunne overføre direkte mellem forskellige organismer. Det bemærkes i denne forbindelse, at eksponeringsværdien anvendt af Desmukh et al (ibid) er 1/24000 af nuværende grænseværdi anbefalet af ICNIRP.

Andre forskere har tilsvarende målt kognitionsmæssige virkninger på rotter ved eksponering for meget lave intensiteter af mikrobølgestråling (Nittby H, Grafström G, Tian DP, Malmgren L, Brun A, Persson BR, Salford LG, Eberhardt J., 2008). I forsøget blev rotterne eksponeret for 900MHz GSM mikrobølgestråling to timer hver uge i 55 uger ved SAR=0,6-60mW/kg.

Virkningerne findes også hos mus, hvor et græsk forskerteam i 2009 påviste forringet spatial hukommelse hos mus, der var eksponeret for mikrobølgestråling fra 900MHz GSM i to timer om dagen i 4 timer ved SAR= 0,41-0,98W/kg (Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, Margaritis LH. 2010). En lignende tilstand påvistes hos rotter i 2014 ved 900 MHz mikrobølgeeksponering en time om dage i 21 dage ved SAR= 0,05-0,18 W/kg (Maaroufi K, Had-Aissouni L, Melon C, Sakly M, Abdelmelek H, Poucet B, Save E., 2014).

Andre museforsøg viser lignende resultater. I 2011 måler et forskerteam (Ntzouni MP, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Margaritis LH., 2011) signifikant nedsat hukommelse hos mus efter eksponering for mikrobølgestråler fra en 1800MHz mobiltelefon i 90 minutter om dagen i 3, 17 eller 31 dage ved SAR=0,22W/kg. Mikrobølgestrålernes indvirkning på kognitive mønstre bekræftes i senere forsøg (Ntzouni MP, Skouroliakou A, Kostomitsopoulos N, Margaritis LH., 2013).

Neurodegenerative virkninger

Professor, Dr. Dominique Belpomme fra Frankrig har benævnt EHS som en præ-alzheimer-tilstand (Belpomme, 2014), idet fortsat eksponering kan medføre så omfattende neurodegenerative skader, at skadesniveauet bliver irreversibelt.

Påvirkningen af hjernen efter eksponering for mikrobølger fra trådløs kommunikationsteknologi er også omdrejningspunktet for andre undersøgelser. I et nyere review fra 2014 fremlægges således en hypotese om hvorledes en væsentlig del af de skadevirkninger, der observeres hos EHS-ramte, kunne skyldes beskadigelse af myelin-skeder omkring nervecellernes axoner (Redmayne M, Johansson O., 2014)

Neurodegenerative virkninger af mikrobølgestråling genfindes i andre forskningsresulater. Eksempelvis kunne forskerne i et ældre case-kontrol-studie fra USA finde korrelation mellem forskellige neurodegenerative sygdomme (deriblandt Alzheimer) og arbejdsrelateret eksponering for elektromagnetiske felter (Savitz DA, Loomis DP, Tse CK., 1998). Justerede OR var 1,2 for Alzheimer, 1,1 for Parkinsons og 1,3 for ALS

Et andet arbejdsmedicinsk studie fra 2003 fandt mere tydelige sammenhænge mellem arbejdsrelateret eksponering for magnetfelter og dødelighed som følge af neurodegenerative sygdomme (Håkansson N, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B., 2003). Her påvistes en sammenhæng mellem eksponering og risikoen for at dø af Alzheimers, med RR=4,0 (95%CI=1,4-11,7) i gruppen med højest eksponering. Tilsvarende påvistes en RR på 2.2 (95% CI=1.0-4.7) for ALS i den mest eksponerede gruppe.

Ligeledes finder en anden arbejdsmedicinsk undersøgelse fra 2002 (Noonan et al, 2002) forøget forekomst (OR= 1.50, 95% CI=1.02-2.19) af Parkinsons syge blandt personer, der eksponeres for magnetfelter gennem deres arbejde. Endvidere kunne der i denne undersøgelse påvises en tydelig sammenhæng (OR 2.30, 95% CI =1.29-4.09) mellem eksponering for elektriske felter i arbejdsmæssig henseende og udvikling af ALS

Et svensk forskerteam har lavet statistiske analyser, der indikerer en højere dødelighed blandt Alzheimer-patienter, der eksponeres for mikrobølgestråling fra mobiltelefoni (Hallberg Ö, Johansson O., 2005)

"The correlation between mobile phone average output power and mortality has increased the last few years and is today significant. Conclusions: The mortality in Alzheimer's disease appears to be associated with mobile phone output power. The mortality is increasing fast and is expected to increase substantially within the next 10 years. Deeper studies in this complex area are necessary."

--- Hallberg Ö, Johansson O., 2005., p225

Samme forskerteam fandt også sammenhæng mellem arten af mikrobølgestrålingen og dødeligheden:

1. The mortality in Alzheimer's disease is significantly higher in counties having higher output pulse power from mobile phones than in those having lower output power.
2. The mortality has increased by 106% from 1997 to 2002 in sparsely populated counties and by 71% in the more densely populated counties."

--- Hallberg Ö, Johansson O., 2005., p228

Sammenhængen støttes af et eksperiment fra 2009, hvor eksponering for 900MHz GSM-moduleret mikrobølgestråling ved SAR=1W/kg mindsker væksten af nervetråde i nervecellekultur *in vitro* (Del Vecchio G, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA, Giardino L, Calzà L. 2009), og af et kinesisk eksperiment fra 2006, der påviser hæmning af nervecellernes aktivitet ved eksponering for 1800MHZ GSM mikrobølgestråling i 15 minutter pr dag i 8 dage ved SAR=2,4W/kg (Xu S, Ning W, Xu Z, Zhou S, Chiang H, Luo J. 2006)

Et nyere kinesisk studie (Jiang DP, Li J, Zhang J, Xu SL, Kuang F, Lang HY, Wang YF, An GZ, Li JH, Guo GZ. 2013) påviser endvidere, at niveauet af beta amyloid (et proteinfragment, som i hvert fald delvist er årsagen til Alzheimer) stiger hos rotter, der eksponeres for pulseret elektromagnetisk stråling. Den anvendte eksponering var højere, end der almindeligvis vil forekomme ved anvendelse af almindelige mobiltelefoner; men resultatet kan give interessant viden om, hvilke interaktionsmuligheder der kan forekomme.

The present results showed that EMP exposure can cause long-term impairment in impaired cognition and memory of rats, resulting in AD-like symptoms

--- Jiang, et al., 2013, p178

Kapitel 9 - Helbredsvirkninger ved brug af WiFi

Helbredsvirkninger ved brug af WiFi

Helbredsvirkninger ved brug af WiFI

WiFi er blevet en del af hverdagen i mange hjem og i mange uddannelsesinstitutioner, men WiFi benytter desværre pulserede mikrobølger lige som mobiltelefoni. Den hovedsagelige forskel består i, at mobiltelefonen tilpasser sin sendestyrke til den konkrete situation, hvorimod WiFi altid sender med samme styrke. Herudover er WiFi aktivt i perioder uden netværksaktivitet, så den samlede (kummulerede) dosis modtaget fra en WiFi-enhed i hjemmet, på arbejde eller i uddannelsesinstitutioner kan være betydelig, hvorfor der i udgangspunktet kan forventes samme skadevirkninger, hvad enten mikrobølgeeksponeringen sker på grundlag af mobiltelefoner, smartmeters, mobilmaster eller WiFi.

En del forskning har dog koncentreret sig specifikt om WiFi:

- WiFi forårsager oxidativt stress på cellulært niveau
  (Nazıroğlu M, Ciğ B, Doğan S, Uğuz AC, Dilek S, Faouzi D. 2012)

- WiFi forårsager oxidativt stress hos rotter
  (Aynali G, Nazıroğlu M, Çelik Ö, Doğan M, Yarıktaş M, Yasan H. 2013)

- WiFi-lignende mikrobølgestrålng forårsager oxidativt stress i blodet hos rotter
  (Gumral N, Naziroglu M, Koyu A, Ongel K, Celik O, Saygin M, Kahriman M, Caliskan S, Kayan M, Gencel O, Flores-Arce MF. 2009)

- WiFi påvirker EEG kønsafhængigt hos forsøgspersoner
  (Maganioti A. E., Papageorgiou C. C., Hountala C. D., Kyprianou M. A., Rabavilas A. D., Papadimitriou G. N., Capsalis C. N. 2010.)

- WiFi øger DNA-fragmentering og nedsætter bevægeligheden i sperm
  (Avendaño C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF. 2012)

- WiFi øger DNA-fragmentering og nedsætter bevægeligheden i sperm
  (Avendaño, C., Mata, A., Juarez Villanueva, A.M., Martínez, V.S., Sanchez Sarmiento, C.A., 2010)

- WiFI forårsager DNA-beskadigelse i testiklerne hos rotter
  (Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. 2013)

- WiFI forårsager fertilitetsnedsættelse og øget celledød hos bananfluer
  (Margaritis LH, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, Georgiou E, Giannakopoulou O, Kollia I, Kontogianni G, Kourouzidou A, Myari A, Roumelioti F, Skouroliakou A, Sykioti V, Varda G, Xenos K, Ziomas K. 2014)

- WiFi-lignende mikrobølgestråling forårsager oxidativt stress i rottehjerner
  (Naziroğlu M, Gümral N. 2009)

- WiFi-lignende mikrobølgestråling forårsager oxidativt stress og EEG-ændringer i rottehjerner
  (Nazıroğlu M, Çelik Ö, Özgül C, Çiğ B, Doğan S, Bal R, Gümral N, Rodríguez AB, Pariente JA. 2012.)

- WiFi-lignende mikrobølgestråling forårsager oxidativt stress i testikler hos rotter
  (Oksay T, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümral N, Koşar PA. 2012)

- WiFi forårsager ændringer i neural aktivitet hos forsøgspersoner
  (Papageorgiou CC, Hountala CD, Maganioti AE, Kyprianou MA, Rabavilas AD, Papadimitriou GN, Capsalis CN., 2011)

- WiFi forårsager oxidativt stress, formindsket evne til implantation og forøget niveau af fosterdeformiteter hos mus
  (Shahin S, Singh VP, Shukla RK, Dhawan A, Gangwar RK, Singh SP, Chaturvedi CM. 2013)

- WiFi forårsager oxidativt stress i rottehjerter
  (Türker Y, Nazıroğlu M, Gümral N, Celik O, Saygın M, Cömlekçi S, Flores-Arce M. 2011)

Det kan herudover bemærkes, at eksponering for mikrobølgestråling i samme intensiteter som forekommer ved anvendelse af WiFi-apparatur, forårsager permeabilitetsændringer i blod-hjerne-membranen (Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BR, Salford LG., 2009).

Et nyere resultat finder ligeledes særdeles omfattende skadevirkninger ved langvarig eksponering for mikrobølger. Musene i forsøget blev eksponeret for 2100 MHz mikrobølger ved SAR-værdier på 0,45 W/kg, 1,8 W/kg, og 3,6 W/kg i een time om dagen i 8 uger, hvorefter der kunne måles omfattende ændringer i gen-ekspressionen:

(...) KEGG pathway analysis showed that these genes are mainly involved in pathways related to ribosome, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, long-term potentiation, Huntington's disease, and Neurotrophin signaling. Construction of a protein interaction network identified several important regulatory genes including synbindin (sbdn), Crystallin (CryaB), PPP1CA, Ywhaq, Psap, Psmb1, Pcbp2, etc., which play important roles in the processes of learning and memory.
(...)
Long-term, low-level microwave exposure may inhibit learning and memory by affecting protein and energy metabolic processes and signaling pathways relating to neurological functions or diseases.

Zhao et al, 2015, p570

Kapitel 10 - Grænseværdier

Grænseværdier

Grænseværdier som begreb:

Grænseværdier er grundlæggende et interessant begreb, som hovedsageligt er udtryk for en politisk beslutning om, hvornår et givet stof er farligt.

Afhængig af det politiske miljø kan grænseværdier hurtigt ændre sig, når det er økonomisk fordelagtigt - også i veludviklede og demokratiske lande. Et klassisk eksempel er mangedoblingen af grænseværdien for radioaktivitet i ren-kød efter Tjernobyl-katastrofen i 1986.

Svenskerne stod overfor en økonomisk katastrofe for ren-ejerne eller for staten, som skulle kompensere ren-ejerne for indtægtstab + udgifter til bortskaffelse af de kontaminerede rener. Den svenske regering hævede derfor grænseværdierne fra 300bq/kg til 10000bq/kg, således at et stykke rensdyrkød, som før skulle bortskaffes som miljøfarligt materiale, nu var fuldt lovligt at sælge til offentligheden. I Norge foregik en tilsvarende proces - her hævede man grænseværdien fra 600bq/kg til 6000bq/kg.

Grænseværdierne for mikrobølgestråling i Europa er baseret på anbefalingerne fra International Commision on Non Ionising Radiation Protection. (ICNIRP). ICNIRP er et privat firma i Bayern, hvis medlemmer hovedsageligt kommer fra teleindustrien. ICNIRPS stifter blev senere leder af WHO, hvilket formentlig var medvirkende til, at WHO adopterede ICNIRPS forslag til grænseværdier.

ICNIRPs anbefalinger stammer fra en tid, hvor man ikke havde det samme forskningsmæssige overblik over non-termiske virkninger, som man har i dag, og hvor eksponering for mikrobølger hovedsageligt var en erhvervsmæssig risiko. ICNIRPs anbefalinger tager således udelukkende udgangspunkt i at undgå opvarmningsmæssige skader.

Især to forhold gør disse grænseværdier utidssvarende i dag. For det første er der, som gennemgået i denne kortlægning, en omfattende række af forsøg, der dokumenterer skadelige og direkte genotoksiske virkninger ved eksponeringer langt under ICNIRPs grænseværdier. For det andet er ICNIRPs grænseværdier udarbejdet med udgangspunkt i gennemsnitsværdier, hvilket formentlig var de mest velegnede målemetoder, da grænseværdierne blev etableret, men væsentligt misvisende i dag, da stort set al moderne trådløs kommunikationsteknologi i mikrobølgespektret baserer sig på pulserende stråling.

Ingen af de skadevirkninger, der er gennemgået i denne kortlægning, er baseret på

opvarmningsmæssige skader. Alt materiale gennemgået i denne kortlægning er baseret på non-termiske skadevirkninger.

ICNIRPs anbefalinger (og dermed de gældende grænseværdier i Danmark) yder således ingen beskyttelse mod de non-termiske helbredsvirkninger, som er gennemgået i denne kortlægning.

Der ses påvirkning af menneskers helbred og hjerterytme allerede ved lavere værdier end 0,00001W/m² (Kositsky, et al., 2001) Den nuværende danske grænseværdi er således over 10.000 gange højere end forsigtigsprincippet indikerer.

I alle andre henseender - og især i miljøbeskyttelsesspørgsmål - er der stor fokus fra politisk side i at anvende forsigtighedsprincippet.

Det kan således undre, at beslutningstagere fra både offentlig og politisk side ikke i højere grad interesserer sig for skadevirkningerne ved trådløs teknologi, hvilket kan få væsentlig og vidtrækkende virkning for den enkelte borgers helbredsmæssige tilstand, og dermed, hvis stigningen af EHS-ramte og af øvrige helbredsproblemer fortsætter, i ganske betydelig grad vil påvirke samfundsøkonomien.

Problematisering af nuværende grænseværdier

Hos organisationer, folkevalgte forsamlinger, videnskabelige kongresser, lægesammenslutninger og forskerfællesskaber udtrykkes der bekymring for de nuværende grænseværdiers manglende muligheder for at beskytte mod non-termiske virkninger.

Nødvendigheden af en snarlig revision af grænseværdierne kan blandt andet eksemplificeres ved, at de nuværende grænseværdier for ELF magnetfeltseksponering ligger på 100 μT, mens der i epidemiologiske undersøgelser kan iagttages en fordobling af risikoen for børneleukemi allerede ved 0,4 μT (Blank & Goodman, 2011)

Det anbefales derfor ofte i videnskabelige kredse at nedsætte ICNIRP-anbefalingerne væsentligt, som eksempelvis efter en videnskabelig kongres om helbredsvirkninger af RF-EMF i Norge i 2009 (Fragopoulou A, Grigoriev Y, Johansson O, Margaritis LH, Morgan L, Richter E, Sage C., 2010)

a) Low-intensity (non-thermal) bioeffects and adverse health effects are demonstrated at levels significantly below existing exposure standards.

b) ICNIRP and IEEE/FCC public safety limits are inadequate and obsolete with respect to prolonged, low-intensity exposures.

c) New, biologically-based public exposure standards are urgently needed to protect public health world-wide.

- (Fragopoulou, Adamantia., et al., 2010, p307)

Den internationale samlingsorganisation for forskere med speciale i feltet, (The International Commission for Electromagnetic Safety, ICEMS) vedtog allerede på konferencen: "The Precautionary EMF Approach: Rationale, Legislation and Implementation" i 2006 en særdeles hård kritik af ICNIRPs grænseværdier:

1. . . . there are adverse health effects from occupational and public exposures to electric, magnetic and electromagnetic fields, or EMF, at current exposure levels. What is needed, but not yet realized, is a comprehensive, independent and transparent examination of the evidence pointing to this emerging, potential public health issue.

4. Arguments that weak (low intensity) EMF cannot affect biological systems do not represent the current spectrum of scientific opinion.

6. We encourage governments to adopt a framework of guidelines for public and occupational EMF exposure that reflect the Precautionary Principle– as some nations have already done.

--- ICEMS, 2006

Porto Alegre-resolutionen, som blev vedtaget på International Workshop on Non-ionizing Radiation Health and Environment i 2009, påpeger ligeledes behovet for revurdering af grænseværdierne fra ICNIRP:

"We are concerned about the body of evidence that indicates that exposure to electromagnetic fields interferes with basic human biology and may increase the risk of cancer and other chronic diseases.

The exposure levels at which these effects have been observed are many times lower than the standards promulgated by the International Commission for Non-Ionizing radiation Protection (ICNIRP) and the IEEE's International Committee on Electromagnetic Safety (ICES).

These standards are obsolete and were derived from biological effects of short-term high intensity exposures that cause health effects by temperature elevation and nerve excitation discovered decades ago.

Recent research indicates that electromagnetic fields could cause detrimental health effects even at very low levels of exposure. The ICNIRP and IEEE/ICES standards are being supported and promoted by interested parties to avoid precautionary technical planning, precautionary laws, and precautionary advice to the public."-- ---ICEMS, 2011, p1

Tilsvarende opfordring lød i 2005 fra en gruppe forskere og læger i Finland. Deres opfordring til EU-parlamentet om at udvise ansvarlighed og retidig omhu i forhold til elektromagnetisk stråling (og herunder igangsætte relevant forskning) er blevet kendt som Helsinki-apellen:

The present safety standards of ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) do not recognize the biological effects caused by non-ionizing radiation except those induced by the thermal effect.

In the light of recent scientific information, the standards recommended by ICNIRP have become obsolete and should be rejected. Especially children and other persons at risk should be taken into account when re-evaluating the limits regarding the harmful effects of electromagnetic fields and radiation. Call for new safety standards, reject International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) guidelines.
--- Helsinki Appeal 2005

Europarådets Parlamentariske Forsamling vedtog d. 17. maj 2011 deres Resolution 1815, hvori man anbefaler, at medlemsstaterne:

8.1.1. take all reasonable measures to reduce exposure to electromagnetic fields, especially to radio frequencies from mobile phones, and particularly the exposure to children and young people who seem to be most at risk from head tumours;

8.1.2. reconsider the scientific basis for the present standards on exposure to electromagnetic fields set by the International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, which have serious limitations, and apply ALARA principles, covering both thermal effects and the athermic or biological effects of electromagnetic emissions or radiation;

8.1.3. put in place information and awareness-raising campaigns on the risks of potentially harmful long-term biological effects on the environment and on human health, especially targeting children, teenagers and young people of reproductive age;

8.1.4. pay particular attention to "electrosensitive" people who suffer from a syndrome of intolerance to electromagnetic fields and introduce special measures to protect them, including the creation of wave-free areas not covered by the wireless network;

---Europarådets Parlamentariske Forsamling, Resolution 1815

Den russiske kommite for beskyttelse mod ikke-ioniserende stråling (Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection, RNCNIRP) anbefaler i rapporten: "Electromagnetic fields from Mobile Phones: Health Effect on Children and Teenagers" i 2011 yderligere forskning for at klarlægge, hvorvidt den betydelige negative sundhedsudvikling blandt landets teenagere kunne skyldes mikrobølgestråling fra mobiltelefoner og WiFi:

". . . since 2000 there has been a steady growth in the incidence of childhood diseases identified by RNCNIRP as "possible diseases" from mobile phone use. Of particular concern is the morbidity increase among young people aged 15 to 19 years (it is very likely that most of them are mobile phone users for a long period of time). Compared to 2009, the number of CNS [central nervous system] disorders among 15 to 17 year-old has grown by 85%, the number of individuals with epilepsy or epileptic syndrome has grown by 36%, the number of "mental retardation" cases has grown by 11%, and the number of blood disorders and immune status disorders has grown by 82%. In group of children aged less than 14 years there was a 64% growth in the number of blood disorders and immune status disorders, and 58% growth in nervous disorders. The number of patients aged 15 to 17 years old having consultations and treatment due to CNS disorders has grown by 72%."

--- RNCNIRP, 2005

Det vil af mange formentlig give anledning til undren og bekymring, at et land som Rusland åbenbart har sundhedsmyndigheder, som i højere grad udviser rettidig omhu end de danske.

EU-parlamentet vedtog lignede anbefalinger i 2009 vedørerende helbredsskadelige virkninger af elektromagnetiske felter:

"... Calls for particular consideration of biological effects when assessing the potential health impact of electromagnetic radiation, especially given that some studies have found the most harmful effects at lowest levels; calls for active research to address potential health problems by developing solutions that negate or reduce the pulsating and amplitude modulation of the frequencies used for transmission;"

European Parliament, 2. april 2009

Den internationale kommission for elektromagnetisk sikkerhed, (International

Commission for Electromagnetic Safety, ICEMS) vedtager i 2008 Venedig-resolutionen:

"We take exception to the claim of the wireless communication industry that there is no credible scientific evidence to conclude there a risk. Recent epidemiological evidence is stronger than before, which is a further reason to justify precautions be taken to lower exposure standards in accordance with the Precautionary Principle.

We recognize the growing public health problem known as electrohypersensitivity; that this adverse health condition can be quite disabling; and, that this condition requires further urgent investigation and recognition.

We strongly advise limited use of cell phones, and other similar devices, by young children and teenagers, and we call upon governments to apply the Precautionary Principle as an interim measure while more biologically relevant standards are developed to protect against, not only the absorption of electromagnetic energy by the head, but also adverse effects of the signals on biochemistry, physiology and electrical biorhythms."

--- Venedigresolutionen, 2008

Flere tusinde praktiserende læger i Tyskland samlede i 2002 deres støtte til en opfordring (Freiburger Apell, 2002) til myndighederne om øjeblikkelig handling i forhold til beskyttelse af befolkningen mod mikrobølgestråling.

Lægerne satte den øgede forekomst af mikrobølgestråling i forbindelse med det stigende niveau af sygdomme som:

- Dysfunktioner i adfærd og læring (ADHD, ADD, etc)
- Blodtryksændringer
- Hjerterytmeforstyrrelser
- Hjertesygdomme hos stadigt yngre mennesker
- Neurologiske sygdomme som Alzheimer og Epilepsi
- Cancerformer, eksempelvis leukæmi og hjernesvulster

Lægegruppen gør herefter opmærksom på, hvorledes en stor del af de moderne funktionsnedsættende sygdomme uden egentlig ætiologi i al væsentlighed kan forklares ved overfølsomhedsreaktioner på eksponering for elektromagnetiske felter. Lægerne gør endvidere opmærksom på, hvorledes sådanne sygdomme let kan fejldiagnosticeres som psykosomatiske.

Kulminearbejderne tog før i tiden kanariefugle med i minerne, for således at have en indikation på, om luften i minen var af tilstrækkelig kvalitet, til at et menneske kunne overleve der. Når kanariefuglen fik det synligt dårligt eller endog døde, vidste man, at det var på tide at søge op til overfladen.

De EHS-ramte kan i moderne kontekst vise sig at være ”kanarie-fugle” for den almene befolkning set i forhold til de helbredsskadelige virkninger af mikrobølgestråler specifikt og de elektromagnetiske felter generelt. Spørgsmålet er, hvorvidt der er mod og viden nok i det politiske niveau til at udvise rettidig omhu og reagere hensigtsmæssigt på advarslerne?

Absorberet dosis, SAR

SAR er en teoretisk beregning af, hvor stor en dosis energi, der optages i biologisk væv ved eksponering for et givet elektromagnetisk felt.

I sin simpleste form beregnes SAR-værdien på grundlag af måling af det elektriske felt, vævets densitet og vævets elektriske ledningsevne.

$SAR = \frac{\sigma \cdot E^2}{\rho}$	Hvor: σ = Vævets elektriske ledningsevne i S/m E = Elektrisk felt i V/m ρ = Vævsdensitet i kg/m^3

Figur 36: Forenklet konceptuelt overblik over beregning af SAR. SAR angives i W/kg eller velegnede derivativer deraf. Ved et elektrisk felt på 100 V/m, og en vævsprøve med 1 S/m elektrisk ledningsevne og vævsdensitet på 1000 kg/m^3 vil man således nå en SAR på 10W/kg. Den reelle beregning af SAR er ofte computerbaseret, idet hensyntagen til forskellige vævstyper i kroppen, og gennemsnitsberegningerne deraf, kompliserer udregningen. En mere uddybet behandling af SAR-konceptet og forslag til numerisk beregning kan findes i: Khalatbari, S., Sardari, D., Mirzaee, A.,A., Sadafi, H., A., 2006

Beregningen af SAR er i øvrigt forskellig i henholdsvis USA og Europa. I USA skal SAR-beregningen foretages over en vævsprøve på 1 gram af det mest absorberende væv, hvorimod den europæiske beregningsmåde foretages over en vævsprøve på 10 gram af det mest absorberende væv. Afhængig af den konkrete sammenhæng kan det derfor give misvisende resultater at sammenligne direkte mellem amerikanske og europæiske SAR-værdier

Den nuværende grænseværdi for SAR i Europa er 2W/Kg for hjernevæv. Grænseværdien er baseret på, at man har målt termiske effekter i øjne i dyreforsøg ved 100W/kg, hvorefter man har appliceret en sikkerhedsfaktor på 50. (Hardell, Lennart., Sage, Cindy. 2008, p108)

Det bemærkes således, at den nuværende grænseværdi for SAR ikke er baseret på forskningsmæssig gennemgang af non-termiske effekter, men alene på opvarmningseffekter i øjnene ved dyreforsøg.

Det bemærkes samtidigt, at man har valgt en sikkerhedsfaktor på 50. Det kan forekomme højt, men den normale praksis ved anvendelse af dyreforsøg er en samlet faktor 100, hvor den første faktor 10 baseres på overgang fra dyr til menneske, og den sidste faktor 10 er begrundet i individuel variabilitet (Hardell, Lennart., Sage, Cindy. 2008, p108)

Ud over de mere teoretiske indvendinger mod beregningsformen er det samtidigt tydeligt, at den SAR-baserede grænseværdi ikke yder reel beskyttelse, derved at anvendelse af mobiltelefoner epidemiologisk kan korreleres til forekomsten af hjernekræft (Hardell, L., Carlberg, M., & Hansson-Mild, K. 2013). Hvis grænseværdien ydede egentlig beskyttelse, ville undersøgelsen ikke kunne vise korrelation. Detaljerne i SAR-udregningens manglende validitet i forhold til grænseværdi for nontermiske effekter fastlagdes allerede i 2013 af et græsk-svensk forskerteam (Panagopoulos, Johansson, Carlo, 2013)

Et yderligere problematisk forhold i forbindelse med den SAR-baserede grænseværdi er forekomsten af samme biokemiske reaktioner ved forskellige frekvenser og forskelige SAR-niveauer (Blank M, Goodman R. 2004), hvorved det umiddelbart kan iagttages, at SAR-konceptet ikke er velegnet som grundlag for etablering af grænseværdier. Problemforholdet understreges yderligere af den ofte observerede non-linearitet mellem eksponering og virkning (Blank M, 2005), hvorfor en grænseværdiberegning baseret på absorberet energi ikke længere kan regnes som relevant.

Ud over disse problemforhold er der også indikationer på, at der findes mere grundlæggende validitetsmæssige usikkerheder ved SAR-beregningen, idet den anvendte SAR beregningsmodel fejlestimerer den reelle absorberede dosis med en betydelig margin (Gandhi OP, Morgan LL, de Salles AA, Han YY, Herberman RB, Davis DL., 2012)

I USA har man konstrueret en model af et menneskeligt hoved, som man anvender som udgangspunkt i målinger og beregninger af SAR for mobiltelefoner. Modelhovedet betegnes SAM (Specific Anthropomorphic Mannequin) og er konstrueret ud fra helbredsundersøgelser af de 10% bedste amerikanske militære rekrutter i 1989. Her ses første problem - man har ingen viden om, hvordan værdierne for de 10% bedste amerikanske rekrutter i 1989 korrelerer sig til den nuværende befolkning.

Næste problem er størrelsen af hovedet. En stor del af brugerne af mobiltelefoner er børn og unge mennesker, hvis hoveder er mindre end voksnes. Absorberingen hos et barn kan derfor være dobbelt så høj som hos en voksen, samtidigt med, at absorberingen i knoglemarven i barnets kranie kan være op til 10 gange højere end hos en voksen. SAR værdien for en given telefon kan derfor, hos børn, være op til 153% højere end den angivne via SAR-modellen (ibid).

Herudover er SAR-konceptet i selve sit konceptuelle grundlag relateret til opvarmningsskader og er således ikke udviklet til at beskytte mod non-termiske virkninger, hvor der kan være non-linearitet mellem eksponering og bioreaktivitet:

The effects of MW [microwaves] of mobile communications are of major concern because of the increased exposure in many countries. It has been shown that adverse effects of NT [non-thermal] MW from GSM/UMTS mobile phones on human lymphocytes from healthy and hypersensitive to EMF persons depend on carrier frequency and modulation. Further investigations with human primary cells, animals and volunteers are needed to elucidate possible adverse effects of MW signals that are used in wireless communication. Identification of those types and frequency channels/bands for mobile communication, which do not affect human cells, is urgently needed as the high priority task for the development of safe mobile communication. Numerous data on the NT MW effects clearly indicate that the SAR-concept alone cannot underlie the safety guidelines for chronic exposures to MW from mobile communication and other approaches are needed.

---Belyaev IY, Grigoriev YG, 2007, p727

Samtidig anvender SAM en væske, som gennemsnitligt svarer til den elektriske konduktivitet og densitet for menneskeligt hjernevæv, men modellen kan ikke tage højde for den differentielle absorption, der finder sted i de forskellige slags væv i hjernen.

Når de forskellige vævstypers forskelle i elektrisk konduktivitet og densitet medtænkes, bliver forskellene mellem beregnet og reel (in vivo) eksponering drastisk forøget. I et nyere studie (Schmid G, Kuster N., 2015) fastslår de to forskere, hvoraf den ene - Niels Kuster - har ry for at være en af verdens førende forskere i RF-dosimetri, at den reelle SAR-værdi for visse vævstyper ved benyttelse af en almindelig mobiltelefon kan overstige 40W/kg. Grundlæggende betyder det, at samtlige hidtil publicerede forskningsresultater groft har undervurderet de reelle eksponeringsforhold.

Som en løsning på problematikken foreslås det allerede i 2012 at anvende DNA-baseret dosimetri som grundlag for grænseværdier, derved at grænseværdien foreslås relateret til eksponeringens skade på DNA:

The changes can be measured by transcriptional alterations and/or translational changes in specific proteins. Because ionizing radiation also causes DNA damage, a biologically based standard related to stimulation of DNA could apply over a much wider range of the electromagnetic spectrum. A safety standard for exposure to a wide range of non ionizing frequencies can be based on the documented changes in DNA biochemistry that arise from interactions with EMF.

---Blank M, Goodman RM., 2012, p243

Eksponeringssituationer og forslag til biologiske grænseværdier:

Flere forskersammenslutninger har på baggrund af nuværende forskningsdata forsøgt at fremsætte forslag til hensigtsmæssige grænseværdier for eksponering for mikrobølgestråling. Nedenfor findes en oplistning af forskellige gældende (juridiske) grænseværdier, forslag til biologisk funderede grænseværdier og eksponeringsværdier for typiske benyttelsessituationer:

	ICNIRP 1998 Referenceniveau:			
Frekvens:	Elektrisk feltintensitet:	Magnetisk feltintensitet:		Effekttæthed:
	(V/m)	H-felt (A/m)	B-felt (μT)	W/m^2
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	
1-10 MHz	87 / $f^{1/2}$	0,73 / f	0,92 / f	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	1,375 · $f^{1/2}$	0,0037 · $f^{1/2}$	0,0046 · $f^{1/2}$	f / 200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Figur 37: ICNIRP Referenceniveauer for offentlighedens eksponering for elektromagnetiske felter med udgangspunkt i termiske skader. "f" angiver frekvens i Mhz. ICNIRPs referenceværdier tager udgangspunkt i en maksimal helkrops-SAR på 0,08 W/kg, og benyttes i vid udstrækning som grundlag for myndighedsanbefalinger. ICNIRPs referenceniveauer beskytter ikke mod non-termiske virkninger.

Typiske eksponeringssituationer:

	mW/m^2:	$\mu W/m^2$:	$\mu W/cm^2$:	V/m:
WiFi (Trådløs internet), 1m fra AP [1]	1,3-23,87	1300-23.870	0,13-2,387	0,7-3
WiFi (Trådløs internet), 0,5m fra computer [1]	3,21-63,69	3210-63.690	0,321-6,369	1,1-4,9
Bærbar computer, 1 meter [2]	1,3-4,483	1300-4483	0,13-0,4483	0,7-1,3
Ipad, hovedafstand (0,5m) [3]	60,5	60.500	6,05	4,776
Klasseværelse, 28 elever, alle elever bruger WiFi. [4]	620,9	620.900	62,09	15,30
Mobiltlf (N900), hovedafstand, rigtig god dækning, udendørs [5]	0,08404	84,04	0,008404	0,178
Mobiltlf (N900), hovedafstand, dårlig dækning, udendørs [6]	5.686	5.686.000	586,6	46,3
Mobiltlf (N900), hovedafstand, dårlig dækning, indendørs [7]	14.780	14.780.000	1478	74,65
Iphone 6, hovedafstand (5cm), god dækning [8]	637,3	637.300	63,73	15,5
Nedre funktionsgrænse for mobiltelefon (modtagelse)	0,000001	0,001	0,0000001	0.000614

Figur 38: Eksponeringsniveau ved typiske benyttelsessituationer for mikrobølgebaseret trådløst kommunikationsudstyr.

Foreslåede biologiske grænseværdier:

	mW/m^2:	$\mu W/m^2$:	$\mu W/cm^2$:	V/m:
Salzburg (2002), indendørs [9]	0,001	1	0,0001	0.02
Salzburg (2002), udendørs [9]	0,01	10	0.001	0.06
Bioinitiative (2007) [10]	1	1000	0,1	0,6140
Bioinitiative (2012) [10]	0,003-0,006	3-6	0,0003-0,0006	0,03-0,04
EU-parlamentet, STOA 2001 [11]	0,1	100	0,01	0.1942
Selentun Statement (2010), provisional [12]	1,698	1698	0,1698	0,8
Selentun Statement (2010), final [12]	0,17	170	0,017	0,25
SBM 2008 No Concern [13]	0,0001	0,1	0,00001	0,0061
SBM 2008 Slight Concern [13]	0,01	10	0,001	0,0614

Figur 39: Foreslåede grænseværdier med udgangspunkt i biologisk forskning. Bemærk forskellen mellem disse og ICNIRPs referenceværdier. Bemærk herudover at de nyeste publicerede værdier generelt er de laveste, idet forskningen på området hele tiden finder nye sammenhænge.

Noter til foregående tabeller:

(1): Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape. URL:
http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00686/index.html?lang=en&down

(2): UK Health Protection Agency.
URL: http://wifiinschools.org.uk/resources/HPA+wi-fi+exposures.pdf

(3): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode.

(4): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. Eleverne brugte trådløse computere i undervisningen.

(5): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med rigtig god dækning. (Udendørs, 300meter fra basestation)

(6): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med dårlig dækning, udendørs.

(7): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med dårlig dækning, indendørs.

(8): Egen måling. (Kim Horsevad). Peak-måling over en 2-min periode. I område med god dækning.

(9): Oberfeld, G. 2007. Environmental Medicine Evaluation of Electromagnetic Fields. URL:h
ttp://www.salzburg.gv.at/Oberfeld-EMF-enviro-med-evaluation-2007.pdf

(10): Bioinitiative (2007, 2012).
URL: http://www.bioinitiative.org/report/wp-content/uploads/pdfs/sec01_2012_summary_for_public.pdf

(11): EU-Parlamentet: STOA 2001.
URL:http://www.next-up.org/pdf/00-07-03sum_en.pdf

(12): Scientific Panel on Electromagnetic Health Risks.
URL: http://sagereports.com/smart-meter-rf/?page_id=382

(13): SBM 2008.
URL: http://hbelc.org/pdf/standards/sbm2008.pdf

Bemærk: Omregning mellem V/m og µW/m2 foretaget efter: Balanis, C., A. 1997. Antenna theory, analysis and design. Wiley,. Bemærk dog, at den ene værdi (V/m) er en øjebliks-måling, der betegner potentialeforskel pr afstand, mens de andre værdier (µW/m2 og µW/cm2) i fysisk henseende betegner energi pr tid pr areal. I forhold til biologisk påvirkningspotentiale bør målingerne udføres som peakmåling (SBM 2008)

Sikkerhedsafstande

Ved applicering af biologisk forskningsmæssigt anbefalede grænseværdier kan man beregne sikkerhedsafstande ved benyttelse som angivet i de følgende tabeller. Bemærk dog at hovedparten af den trådløse teknologi er baseret på så høje effekttætheder at de krævede sikkerhedsafstande er meget vanskeligt opnåelige i praksis.

Udregning af sikkerhedsafstand:
Sikkerhedsafstanden er beregnet som den afstand en person skal opretholde til den givne eksponeringskilde for at kunne overholde de viste grænseværdier.
Udregningerne skal forstås som generelle estimater. Udregningerne er foretaget på baggrund af en isotropisk antenne uden forstærkning. Mange kommercielt tilgængelige trådløse enheder benytter retningsvirkende antenner - i sådanne situationer ved vil effekttætheden (og dermed sikkerhedsafstand) i visse retninger være betydeligt højere. Lokale tilbagekastningsforhold kan ligeledes give betydelige udsving.

Adaptiv sendestyrke:
Mobiltelefoner og andre GSM-enheder foretager automatisk tilpasning af sendestyrke efter de konkrete sende/modtage-forhold. De viste målinger er derfor kun at betragte som eksempler.

Mobilmaster:
Mobilmasternes antenner konstrueres normalt til at være retningsvirkende i både horisontal og vertikal henseende, hvilket giver en forstærkning i den retning, antennen peger. En typisk mobilmast dækker et område på 120°, hvorved tre antenner kan dække 360°. Kombineret med vertikal fokusering giver dette en retningsmæssigt forstærkende faktor på mellem ca 20 og 100 (set i forhold til en isotropisk antenne). Bemærk samtidigt at der ofte er flere antenner på samme mast, hvorfor sikkerhedsafstanden for den samlede eksponering kan være betydeligt højere

Anvendelse:
Grænseværdierne fra BioInitative 2012 kan betragtes som den mest forskningsmæssigt gennemarbejdede anbefaling for normalt brug, mens SMB2008 formentlig fortrinsvis er relevant for personer der allerede har udviklet EHS.

Sikkerhedsafstande til WiFi og lign trådløs kommunikationsudstyr:

Sikkerhedsafstand til WiFi (fra computer el. lign): 30mW

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m):
Salzburg 2002, indendørs	0,02	47,45
Salzburg 2002, udendørs	0,06	15,82
Bioinitiative 2007	0,614	1,55
Bioinitiative 2012	0,04	23,72
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	4,89
Selentun, 2010, final	0,25	3,80
SBM 2008	0,0061	155,56

Sikkehedsafstand til WiFi (fra AP el lign): 100mW

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m):
Salzburg 2002, indendørs	0,02	86,63
Salzburg 2002, udendørs	0,06	28,88
Bioinitiative 2007	0,614	2,82
Bioinitiative 2012	0,04	43,31
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	8,92
Selentun, 2010, final	0,25	6,93
SBM 2008	0,0061	284,02

Sikkerhedsafstand til DECT 1900MHz (800mW):

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m):
Salzburg 2002, indendørs	0,02	245,01
Salzburg 2002, udendørs	0,06	81,67
Bioinitiative 2007	0,614	7,98
Bioinitiative 2012	0,04	122,51
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	25,23
Selentun, 2010, final	0,25	19,60
SBM 2008	0,0061	803,32

Sikkerhedsafstande til mobiltelefoner og GSM-baserede smartmeters:

Sikkerhedsafstand til smartmeter og mobiltlf:

(GSM 900Mhz, dårlig dækning, 2W)

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m):
Salzburg 2002, indendørs	0,02	387,40
Salzburg 2002, udendørs	0,06	129,13
Bioinitiative 2007	0,614	12,62
Bioinitiative 2012	0,04	193,70
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	39,90
Selentun, 2010, final	0,25	30,99
SBM 2008	0,0061	1270,17

Sikkerhedsafstand til smartmeter og mobiltlf:

(GSM 900Mhz, god dækning, 200mW)

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m):
Salzburg 2002, indendørs	0,02	122,51
Salzburg 2002, udendørs	0,06	40,84
Bioinitiative 2007	0,614	3,99
Bioinitiative 2012	0,04	61,25
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	12,62
Selentun, 2010, final	0,25	9,80
SBM 2008	0,0061	401,66

Sikkerhedsafstande til mobilmaster:

Sikkerhedsafstand til mobilmast:

(GSM 900Mhz, 7dB gain, 10W effekt)

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m)
Salzburg 2002, indendørs	0,02	2291,90
Salzburg 2002, udendørs	0,06	763,97
Bioinitiative 2007	0,614	74,65
Bioinitiative 2012	0,04	1145,95
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	236,03
Selentun, 2010, final	0,25	183,35
SBM 2008	0,0061	7514,41

Sikkerhedsafstand til mobilmast:

(GSM 900Mhz, 7dB gain, 120W effekt)

Foreslået grænseværdi:	V/m:	Sikkerhedsafstand (m)
Salzburg 2002, indendørs	0,02	7939,36
Salzburg 2002, udendørs	0,06	2646,45
Bioinitiative 2007	0,614	258,61
Bioinitiative 2012	0,04	3969,68
EU-Parlamentet, STOA 2001	0,1942	817,65
Selentun, 2010, final	0,25	635,15
SBM 2008	0,0061	26030,69

Kapitel 11 - Den usunde Sundhedsstyrelse

Den usunde Sundhedsstyrelse

Den usunde sundhedsstyrelse:

Som borgere bør vi kunne stole på landets sundhedsmyndigheder. Desværre er der mange eksempler på det modsatte, hvilket nyligt er dokumenteret (bla: Gøtzsche, P.C., 2013 og de nylige afsløringer via DR's dybdegravende journalistik). Her påvises en usund kultur, hvor store dele af den lægelige og sundhedsmæssige rådgivning for samfundet har været påvirket af omfattende inhabilitet og mangel på fagligt overblik, hvilket på sigt desværre kan medføre store unødvendige udgifter for samfundet og unødige lidelser, omkostninger og dødsfald for de enkelte borgere.

For at opnå større troværdighed og neutralitet har man i alle andre henseender end i Sundhedsstyrelsen adskilt Sektorforskningsinstitutterne og har lagt disse under universiteterne. Herved opnås, på samme måde som ved Montesquieu's adskillelse af de lovgivende, dømmende og udøvende magter, uafhængighed mellem de instanser, der skal foretage risikovurdering, og de instanser, der skal foretage risikohåndtering. På den måde sikres, at politiske hensyn i risikohåndteringen (herved misinformation af befolkningen i forhold til sundhedsrisici) ikke stækker det videnskabelige arbejde i forbindelse med risikovurderingen.

Sundhedsstyrelsen har aldrig foretaget strukturel opsplitning af det politiske og forskningsmæssige niveau. I forhold til Sundhedsstyrelsens risikovurdering af risici ved mikrobølgestråling er der således ingen strukturel sikring af, hvorvidt de af Sundhedsstyrelsen udmeldte anbefalinger er udtryk for egentlig videnskabelig forskning eller politisk indblanding.

I sin afvisning af helbredsmæssige virkninger af mikrobølgestråling fra trådløse apparater går Sundhedsstyrelsen direkte imod udtalelser fra internationale videnskabelige autoriteter, hvilket klarlægges i en artikel i Ingeniøren (Nyvold 2007), hvor direktøren for Det Europæiske Miljøagentur, professor Jacqueline McGlade betegner den danske sundhedsstyrelses manglende reaktion som direkte ”perfid”. Ifølge professor Jacqueline McGlade lever den danske Sundhedsstyrelse ikke op til sin nationale forpligtelse.

Allerede i 2007 havde det Europæiske miljøagentur indsamlet nok data til at kunne udsende følgende advarsel mod bla mikrobølgestråling fra trådløse enheder:

"There are many examples of the failure to use the precautionary principle in the past, which have resulted in serious and often irreversible damage to health and environments. Appropriate, precautionary and proportionate actions taken now to avoid plausible and potentially serious threats to health from EMF are likely to be seen as prudent and wise from future perspectives."

---EEA, 2007

Advarslen blev i 2009 fulgt af en endnu stærkere advarsel:

"The evidence is now strong enough, using the precautionary principle, to justify the following steps:

1. For governments, the mobile phone industry, and the public to take all reasonable measures to reduce exposures to EMF, especially to radio frequencies from mobile phones, and particularly the exposures to children and young adults who seem to be most at risk from head tumours. (...)
2. To reconsider the scientific basis for the present EMF exposure standards which have serious limitations such as reliance on the contested thermal effects paradigm; and simplistic assumptions about the complexities of radio frequency exposures."

---EEA, 2009

I 2011 opdateres og uddybes advarslen endnu en gang. Direktøren for EEA, Professor Jacqueline McGlade fremhæver blandt andet i en diskussion om sammenhængen mellem graden af evidens og forsigtighedsprincippet:

"It follows from the above that statements such as "there is no convincing evidence that X causes Y" (frequently found in reviews of evidence) are devoid of practical meaning, unless the implicit assumption, which is buried in that statement, is made explicit ie that the evidence for causality (the highest strength possible) is not convincing to the scientists making that statement."

---EEA, 2011a, p7

Det er bekymrende, når en Sundhedsstyrelse ikke varetager sit ansvar og ikke reagerer på internationale videnskabelige organisationers advarsler.

Samtidigt benytter andre styrelser ofte en vid række af eksperter for at sikre, at sagerne bliver belyst bedst muligt og med størst mulig integritet i forhold til nuværende videnskabelige viden. Også på det punkt adskiller Sundhedsstyrelsen sig, idet man i forhold til mikrobølgestråling kun benytter sig af en enkelt person, nemlig Christoffer Johansen, hvilket fremgår af Sundhedsministerens svar på Spørgsmål 565 (FT 2013a) fra Folketingets Sundheds- og Forebyggelsesudvalg).

Christoffer Johansen er, tilfældigvis, en af hovedforfatterne og nøgleperson til den meget omtalte kohorteundersøgelse, som frikendte mobilstrålingen for sundhedsskadelige virkninger. Som det uddybes i næste afsnit er denne undersøgelse dog behæftet med så væsentlige metodologiske problemstillinger, at validiten af dens konklusioner er så tvivlsomme, at undersøgelsen blev underkendt i WHO/IARC's kategoriseringsproces:

"In this study, reliance on subscription to a mobile phone provider, as a surrogate for mobile phone use, could have resulted in considerable misclassification in exposure assessment.".

--- WHO/IARC, 2011

Det er endvidere blevet politisk afdækket (FT 2013b) gennem Spørgsmål 567 (FT 2013a) fra Folketingets Sundheds- og Forebyggelsesudvalg til Sundhedsministeren, at vedkommende konsulent, Christoffer Johansen, har fået en del af sin forskning finansieret af mobilindustrien.

I et spørgsmål fra Folketingets Sundheds- og Forebyggelsesudvalg til Sundhedsministeren (Spørgsmål 566, FT 2013c) klarlægges det endvidere, at ovennævnte konsulent i øvrigt har kræftforskning og specifikt "livet efter kræft" som forskningsområde. Vedkommende har altså ikke nogen forskningsmæssig baggrund inden for RF-teknik, radiologi eller dosimetri.

For at opsummere:

- *Sundhedsstyrelsen benytter sig kun af een konsulent på området*
- *Pågældende konsulent har fået dele af sin forskning finansieret af mobilindustrien*
- *Pågældende konsulents forskning frikender mobiltelefoni for helbredsskadelige virkninger*
- *Pågældende konsulents forskning er så fejlbehæftet, at WHO/IARC underkendte forskningen i forbindelse med kategoriseringsarbejdet*

I et nyligt notat fra Sundhedsstyrelsen (Sundhedsstyrelsen, 2013a, p5) angående trådløse netværk i skolerne kan Sundhedsstyrelsens manglende tekniske indsigt i øvrigt iagttages åbenlyst.

Sundhedsstyrelsens beregninger baserer sig udelukkende på RMS gennemsnitsværdier, hvilke kun er relevante i forhold til skadeeffekter ved opvarmning ved mikrobølgestråler. For målinger af strålingsfelter i forhold til biologisk påvirkningspotentiale er peak-målinger eller evt. dosimetriske målinger derimod den korrekte fremgangsmåde:

Current guidelines on EMF safety from IEEE and ICNIRP (endorsed by the EU) are only based on short term EMF exposures that are high enough to cause thermal effects. These are inadequate to provide protection to the public against long term effects from lower levels of exposure. Neither do they account for the pulse-like exposures modulated at low frequencies that are common from the modern 2G and 3G appliances.

---EEA, 2011b, p. 314

Sundhedsstyrelsens resultat af beregningen for samlet eksponering i et klasselokale, hvor alle bruger computere angives til 6 mW/m^2. Det bemærkes, at denne værdi er urealistisk lav - jeg har personligt målt peakværdier på 15,3 V/m (620 mW/m^2).

Den danske kohorte-undersøgelse

Noget af den forskning, der udføres i de industri-finansierede undersøgelser, er i forhold til videnskabelig metodologi problematiske - i så høj grad, at der efter publiceringen af den danske kohorteundersøgelse (Frei, Patrizia, Poulsen, Aslak H., Johansen, Christoffer, Olsen, Jørgen H., Steding-Jessen, Marianne, Schüz, Joachim. 2011) direkte taltes om en "krise" i peer-review-processen:

The amount of confounding is very surprising for a study published in BMJ.

The implications for continuing to lend this study validity by not retracting it, could be very serious for the Journal, and even more importantly, for the people who rely on the educated judgment and expertise of its editors and reviewers when making decisions for their family, or their nation.

What you do makes a difference.

I call upon you to retract the Danish Cohort Study, and to do so in a way that informs the public of the change.

--- Glaser, 2011

Grunden til problemet er, at en stor del af personerne med et højt niveau af eksponering for mobilstråling ved den valgte metodologi vil være blevet fejlplaceret i kontrolgruppen i stedet for den såkaldte eksponerede gruppe.

Erhvervsbrugerne, som, på det tidspunkt undersøgelsen blev lavet, må forventes at være brugere med den mest udstrakte brug af mobiltelefoner, kan ikke isoleres med den valgte metodologi i kohorteundersøgelsen og tæller derved essentielt med i kontrolgruppen i stedet for den eksponerede gruppe.

I kohorteundersøgelden betegner forfatterne endvidere eksponerede personer som de personer, der har haft et privatabonnement og brugt telefonen mindst ½ time om ugen i mindst ½ år mellem 1986-1994. Dette er på ingen måder sammenligneligt med almindelig eksponering i senere år. Først efter 1995 blev privat brug af mobiltelefonen økonomisk realistisk og udbredt til store dele af befolkningen. Men studiet tager ikke hensyn til brug af telefonen efter 1995, hvor personer, som har været storbrugere siden 1995, er placeret i kontrol-gruppen.

Herved opnås en udstrakt grad af manglende forskel mellem kontrolgruppe og eksponeret gruppe - og man kan dybest set ikke dokumentere, at den såkaldte eksponerede gruppe rent faktisk er den mest eksponerede. Disse fejl giver selvfølgelig et resultat, som i bedste tilfælde er særdeles mangelfuldt og sandsynligvis direkte

misvisende

Industrien har valgt ikke at stille detaljeret abonnementsdata til rådighed for studierne. Dvs. at ethvert resultat fra undersøgelsen er behæftet med en så stor og ukendt usikkerhed, at det er videnskabeligt ubrugeligt:

"Although at least non-response and recall bias can be excluded, the study has serious limitations related to exposure assessment. In fact, these limitations cloud the findings of the four reports to such an extent that render them uninformative at best. At worst, they may be used in a seemingly solid argument against an increased risk--as reassuring results from a large nationwide cohort study, which rules out not only non-response and recall bias but also an increased risk as indicated by tight confidence intervals. (...)

Although two of the most comprehensive case-control studies on the matter both have methodological limitations that need to be carefully considered, type I errors are not the only threats to the validity of studies on this topic--the Danish cohort study is a textbook example of that."
--- Söderqvist F., 2012

At den centrale forsker bag disse studier er den eneste konsulent, Sundhedsstyrelsen anvender på området, er bekymrende.

Samtidigt er det yderst bekymrende, at Sundhedsstyrelsen på baggrund af dette studie d. 28. oktober 2011 offentliggør en notits på Ugeskrift for Lægers webside med overskriften "Mobiltelefoni giver ikke kræft". Første afsnit af notitsen lyder:

"Sundhedsstyrelsen fastslår, at snak i mobiltelefon ikke er forbundet med øget kræftrisiko.
Heller ikke et langvarigt forbrug viser nogen sammenhæng med øget risiko for kræft i hjernen"
--- SST, Ugeskrift for Læger, Online 28. okt 2011.

Det bemærkes, at WHO/IARC's klassificering af radiofrekvent elektromagnetisk stråling som 2B carcinogen blev offentliggjort d. 31 maj 2011 - altså kun 6 måneder før Sundhedsstyrelsen på eget initiativ foretager en så drastisk udmelding.

Hændelsen leder tanken hen på Jesper Tynells nye bog Mørkelygten, hvori han beskriver, hvorledes embedsmandsværket i store træk tager væsentligt mindre hensyn til landets lovgivning end politiske ønsker. I sin anmeldelse af bogen beskriver Klaus Kastholm Hansen fra Berlingske bogens konklusioner således:

Man får det indtryk, at bortset fra mord og bestikkelse, er intet middel embedsmændene fremmed, når det drejer sig om at betjene ministeren med det virkelighedsbillede, der passer i hans kram.
(...)
Tynells gennemgang af embedsmændenes rigt differentierede metoder til tilskæring af virkeligheden bør være obligatorisk pensum for alle journalister, ikke kun de politiske journalister, for alle fagområder er i dag underkastet den herskende Djøf-måde at argumentere på: tal, ofte usammenlignelige, statistikker, ofte

vilkårlige, rapporter og betænkninger, ofte dunkle. Bogens mærkelige titel, »Mørkelygten«, henviser til et embedsmandsbegreb: kunsten at kaste lys over en sag ved at lade det væsentlige og problematiske henligge i mørke.

- Klaus Kastholm Hansen, Berlingske, 30 okt 2014

På baggrund af de identificerede problemforhold, og med tanke på de øvrige misforhold, medierne for nyligt har klarlagt i forbindelse med Sundhedsstyrelsen, må det på nuværende tidspunkt betragtes som yderst tvivlsomt, hvorvidt Sundhedsstyrelsen er egnet til på adækvat vis at varetage borgernes sundhed.

Kapitel 12 - Smartmeterproblemet

Smartmeter-problemet

Smartmeters - fjernaflæste forbrugsmålere

Smartmeters er fjernaflæste forbrugsmålere, som kan bruges til automatisk aflæsning og forbrugsafregning af både gas, vand, el og fjernvarme.

Fjernaflæste målere til aflæsning af el blev i 2013 (Bek. nr 1358) gjort pligtig for alle landets husstande. Fjernaflæsning af målere kan foregå via kablede løsninger, men de fleste smartmeters bruger mikrobølgebaseret kommunikation, hvorfor smartmeters i udlandet er blevet forbundet med omfattende helbredsskader på grund af mikrobølgestrålingen.

Visse fjernaflæste forbrugsmålere har også mulighed for - via yderligere mikrobølgekommunikation - at kommunikere med forbrugsapparater i hjemmet.

Den tvungne opsætning af fjernaflæste målere betyder, at energiforsyningsselskaberne nu kan gennemtvinge opsætning af en mikrobølgesender i hver husstand, hvilket rummer flere problemforhold.

For de mennesker, der er overfølsomme over for mikrobølger (EHS-ramte), vil den tvunge opsætning betyde, at man kontinuerligt og ved tvang eksponerer disse mennesker for den påvirkning, de er overfølsomme overfor. Situationen vil fuldt ud svare til at magthaverne tvang astma-patienter til tobaksrygning på kontinuerlig basis.

I juridisk henseende er situationen enestående, idet beslutningen tvinger befolkningen i helhed til eksponering for mikrobølgestråling, som af WHO/IARC er kategoriseret som et 2B carcinogen (kræftfremkaldende). Så vidt vides, er Danmark pt det eneste land i verden, der lovgivningsmæssigt påtvinger installation af smartmeters - i andre lande har borgerne mulighed for at vælge løsninger, der ikke indebærer eksponering for mikrobølgestråling.

Helbredsskader ved smartmeters

Smartmeters kan være kablede - og i så tilfælde udgør de formentlig ikke nogen sundhedsmæssig trussel - men de fleste installationer af smartmeters er baserede på trådløs teknologi. Enten via GSM-moduler (små mobiltelefoner), fabrikanten indsætter i hvert smartmeter eller på baggrund af radiokæde-teknologi. I begge tilfælde vil radiosenderen, også selv om forbrugsdata eventuelt kun sendes en enkelt gang i døgnet, være aktiv mange gange i døgnet.

På baggrund af forsyningsselskabernes målinger af effekttæthed er det beregnet, at et smartmeters kontinuerlige bestråling vil medføre en højere kummulativ helkropsdosis end ved andre mikrobølgebaserede apparater (Hirsch, Daniel, 2011).

Den nyeste undersøgelse (AAEM 2013) er fra oktober 2013 og er et case-studie baseret på 92 cases, hvor en bred vifte af skadelige virkninger af smartmeters (altså trådløst fjernaflæste elmålere) dokumenteres med så høj grad af videnskabelig sikkerhed, at American Academy of Environmental Medicine ikke blot støtter forskningen, men også påpeger nødvendigheden af politisk ansvarlig handling i forhold til forbud mod trådløst fjernaflæste målere. Dr. Federica Lamech, som har foretaget undersøgelsen påpeger:

"[smart meters] may have unique characteristics that lower people's threshold for symptom development".
---Lamec, Federica, 2013 (I AAEM, 2013)

Netop den tidligere omtalte pulserende mikrobølgestråling fra de trådløst fjernaflæste elmålere kunne være den "unikke karakteristik" Dr. Federica Lamech omtaler.

Idet smartmeteret er afhængig af mikrobølgebasert kommunikation, vil samtlige bioreaktive virkninger beskrevet for mobiltelefoner, mobilmaster og wifi samtidigt være relevante i forhold til smartmeters.

Overvågningsproblemer i forhold til smartmeters

Hovedfokus for denne kortlægning er den brede vifte af uhensigtsmæssige helbredspåvirkninger, der forekommer på grundlag af eksponering for mikrobølgestråler, men i forhold til smartmeter-problemet forekommer det væsentligt samtidigt kort at nævne et andet problem, nemlig de omfattende overvågningsmæssige muligheder, der implementeres ved installation af smartmeters.

Smartmeterinstallationen giver mulighed for en total og uindskrænket overvågning af borgernes fuldstændige adfærd.

Fremtidsperspektiverne for indførelse af smartmeterteknologi er en konvergens mellem IoT (Internet of Things) og HAN's (Home Area Networks), hvor alle elektriske apparater i huset er koblet sammen i et trådløst netværk, hvilket den nuværende lovgivning lægger op til i fremtiden. Herved kan man opnå en meget høj grad af automation og fjernstyring; men på den anden side bliver husets beboere særdeles afhængige af teknologien, for at huset rent faktisk fungerer. Samtidigt udsættes husets beboere for sundhedsskadelig mikrobølgebestråling i en uhørt grad.

I et sådant system kan der angiveligt opnås visse økonomiske besparelser på elforbruget, derved at den trådløse måler fortæller de forskellige apparater, hvornår strømmen er billigst. Vaskemaskinen går således ikke umiddelbart i gang, når personen trykker på start-knappen, men venter indtil den trådløse måler siger, at strømmen er billig (eksempelvis om natten).

For nogle personer vil en sådan udvikling være ønskværdig - for andre vil den minimale besparelse være en for høj pris at betale for at miste sin frihed og rådighed over privatsfæren. Disse spørgsmål findes der ikke objektive svar på - fordi de dybest set handler om det filosofiske forhold til menneskets frihed. Samtidigt viser erfaringer fra USA, at der ikke reelt sker økonomiske besparelser ved de fjernaflæste målere.

I den forbindelse kan det undre, at så væsentlige og livsforandrende perspektiver ikke har været drøftet i offentligheden før indførelse. Man implementerer en teknologi med særdeles vidtrækkende konsekvenser - uden på nogen måde at have involveret landets borgere i en diskussion om hensigtsmæssigheden eller ønskværdigheden af denne udvikling.

Enhver udvikling, hvor magthaverne tager så væsentlige beslutninger uden på nogen måde at involvere borgerne, er særdeles bekymrende - det vidner om et samfundssystem, hvor magten er koncentreret hos så få individer, at de føler sig magtfuldkomne i deres afgørelser. Og samtidigt vidner det om et menneskesyn hos magthaverne, hvor man uden nåde marginaliserer

store befolkningsgrupper.

Et andet aspekt ved indførelsen af de trådløst fjernaflæste elmålere er overvågningsproblemet. I et fuldt integreret HAN/IoT har den trådløse måler fuldstændige data for al anvendelse af alle apparater i huset, og man vil således kun se af målerens logdata præcist, hvilke elektriske apparater, der er anvendt hvornår. Sådanne data kan være interessante for mange virksomheder og organisationer - og muligvis også for magthaverne - eksempelvis til at påvise, hvorvidt specifikke personer rent faktisk lever sammen eller ej.

I den nuværende udrulning af fjernaflæste målere er der formentlig ikke andre overvågningsperspektiver end forsyningsnetsoptimering på grundlag af forbrugsmønstre. Men det er vigtigt at bemærke, at man med implementeringen af denne teknologi udvikler en infrastruktur og en kapabilitet, som muliggør en yderst detaljeret overvågning af den enkelte person. Selv hvis denne kapabilitet ikke udnyttes af landets magthavere er de teknologiske muligheder til stede for at udenlandske magter eller terror-organisationer kan udnytte overvågningsmuligheden i uhensigtsmæssig øjemed.

Udrulning af sådan overvågningskapabilitet er igen et spørgsmål uden objektivt rigtige svar. Nogle vil finde det hensigtsmæssigt at overvåge mennesker så meget så muligt for at straffe selv de mindste lovovertrædelser - andre vil finde den individuelle frihed vigtigere. Hvorvidt - og i hvilket omfang kapabiliteten rent faktisk vil blive udnyttet, er således et yderst relevant spørgsmål, der ikke er genstand for fokus i denne rapport. Det væsentlige perspektiv i denne sammenhæng er derimod, at implementeringen af denne kapabilitet foregår, uden at borgerne på nogen måde har været involveret i beslutningen eller informeret om konsekvenserne af udviklingen.

I ethvert internetopkoblet system (og altså derved også nuværende fjernaflæste elmålere) vil der altid være væsentlige risici i forhold til misbrug og cyberkriminalitet. Selvom IoT endnu er i sin vorden, er der allerede lavet computervira til cirkulationspumper, køleskabe og bilcomputere. Disse risici vil selvfølgelig være kraftigt forøgede i et fuldt udviklet IoT/HAN system. Her vil en cyberkriminel med tilstrækkelige færdigheder kunne bemægtige sig fuld kontrol over alle apparater tilkoblet et HAN og derved have fuld styring over alle husets apparater og adgang til alle forbrugsdata.

De sikkerhedsmæssige udfordringer er reelle og virkelige - også for den almindelige privatperson. Internettet er en digital krigszone i dag. En almindelig hjemmecomputers sikkerhed er knækket på under 5 minutter. Indbrud i hjemmenetværk kan ligeledes gøres på få minutter - uden at brugeren på noget tidspunkt får viden derom. Der er "hackerprogrammer", der gør hele arbejdet i dag - det er blot "peg-klik-hack"! Omkring 95% af alle hjemmecomputere er sikkerhedsmæssigt så kompromitterede, at udefrakommende

cyberkriminelle har større råderet over maskinen, end ejeren selv.

Uafhængigt af synspunkter på introduktion af overvågningsteknologi er det således væsentligt at være bevidst om, at enhver digital forbrugsstyring eller forbrugsaflæsning rummer væsentlige sikkerhedsmæssige udfordringer. GSM-krypteringen, som benyttes i mange trådløse målere, kan allerede nu knækkes med amatørudstyr.

Samtidigt er det muligt - allerede med nuværende teknologi og uden at installere "smart" styring i de enkelte forbrugsapparater - via målerens logdata at lave detaljeret overvågning over, hvilke forbrugsapparater, der er tændt på hvilket tidspunkter. I et tænkt teoretisk eksempel vil denne teknologi kunne påvise, hvornår en given borger fx anvender et intimmassageapparat. I en mere sandsynlig anvendelse vil samme teknologi kunne anvendes til at afsløre computer/TV hos studerende, som ikke har råd til medielicens.

Igen kan man overveje, hvorvidt en så detaljeret detailovervågning af borgerne er en ønskelig udvikling.

Man kan læse mere om det fuldt integrerede IoT/HAN-netværk på hjemmesiden:

http://www.smartgridnews.com/artman/publish/Technologies_Home_Area_Networks/

For en del personer vil ideerne på hjemmesiden fremstå som en vidunderlig fremtid - for andre vil det være en dystopisk virkeliggørelse af Dantes Inferno.

Kapitel 13 - Integritet, validitet og reliabilitet

Integritet, validitet og reliabilitet

Habilitetsproblemer og forskerintegritet

Et af problemerne i forhold til forskning i mikrobølgestrålingens farlighed er den store forskel i forskningsresultater afhængigt af, om forskningen er betalt af mobilindustrien eller uafhængigt finansieret.

Sammenhæng mellem finansieringsgrundlag og resultat:

n=326	Effekt påvist	Ingen effekt påvist
Industrifinansieret	28,1 % (27)	71,9 % (69)
Uafhængigt finansieret	67,0 % (154)	33 % (76)

Figur 43: Sammenhæng mellem finansiering og resultat. Skematisk opstilling af data fra: Morgan, 2009, p34

Når der kan etableres statistisk sikker sammenhæng mellem finansieringen af en undersøgelse og dens videnskabelige resultat, er det dybt bekymrende. Især fordi resultaterne fra disse undersøgelser danner grundlaget for myndighedernes godkendelser af trådløse kommunikationsteknologier fra samme firmaer.

Sammenhæng mellem finansieringsgrundlag og forskningsresultat:

n=50	Effekt påvist	Ingen effekt påvist
Regeringsfinansieret	18,18%	81,82 %
Industrifinansieret	14,29%	85,71 %
Uafhængigt finansieret	66,67 %	33,33 %

Figur 44: Sammenhæng mellem finansieringsgrundlag og forskningsresultat: Tabellen viser forskningens finansieringsgrundlag og hvorvidt forskningen finder cancerrisiko ved benyttelse af mikrobølgebaseret mobiltelefoni.. Sammenhængen mellem finansieringsgrundlag og forskningsresultat er statistisk signifikant med $p< 0.0005$. Skematisk opstilling af data fra: Ledford, 2010

Også andre undersøgelser (Ledford, 2010) har påvist sammenhænge mellem resultater og finansieringsgrundlag ved de undersøgelser af mobilstråling, der har været finansieret af mobilindustrien. I samme henseende er det ligeledes interessant at bemærke, at statsfinansierede undersøgelser har samme tendens til ikke at finde skadelige virkninger ved mobilstrålingen. Undersøgelser finansieret af universiteter og lignende, finder derimod sammenhænge mellem helbredspåvirkning og eksponering for mobilstråling.

Sammenhængen mellem finansiering og resultater er også bemærket af det Europæiske Miljøagentur:

"We have noted the increasing evidence of "funding bias" in scientific research whereby results outcomes are strongly linked to source of funding. This observation is based on evidence from pharmaceuticals, tobacco, lead, asbestos, BPA, and EMF, as well as on evidence from other fields such as CBA and Transport construction project cost estimations."

---EEA, 2011, p6

Et internationalt forskerteam har samtidigt kunnet påvise statistiske sammenhænge mellem den videnskabelige kvalitet af de udførte undersøgelser og finansieringen af pågældende undersøgelser, hvor de undersøgelser, der var helt eller delvist finansierede af mobilindustrien, var af væsentlig lavere videnskabelig kvalitet:

The findings of the analysis, published in the Journal of Clinical Oncology, were that the results of the studies varied widely, depending on who carried out and funded the research and what controls they had in place for bias and errors.

---Seung-Kwon Myung et al., 2008

Et systematisk review af forskningsartikler vedrørende mulige skadevirkninger af mobilstråling i 2007 afsluttedes ligeledes med en signifikant kobling mellem finansieringsgrundlag og resultater:

The interpretation of results from studies of health effects of radiofrequency radiation should take sponsorship into account.

---Huss, Anke, et al., 2007

Der er på nuværende tidspunkt tusindvis af forskningsmæssige resultater (Bioinitiative 2012), der påviser bioreaktivitet (og deraf følgende skadevirkninger) ved mikrobølger i non-termiske intensiteter; men på trods deraf foretager myndighederne sig intet.

Passiviteten kan undre; men en nyere bog klarlægger faktisk en stor del af forklaringen. Fra sin position i den amerikanske regering under Clinton-administrationen beskriver David Michaels i bogen "Doubt Is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health", hvorledes myndighedsregulering af skadelige stoffer konsekvent påvirkes af kommercielle interesser fra de involverede industri-lobbyer. I bogen kortlægges, hvorledes kortsigtede kommercielle interesser hos få multinationale firmaer har påvirket myndigheders anerkendelse af enorme miljøkatastrofer med tusindtals utidige dødsfald og unødige sygdomsforløb hos endnu flere uskyldige mennesker som følgevirkninger.

Bogen omhandler ikke den forestående helbredskatastrofe fra mikrobølgeeksponering,

men tager i stedet udgangspunkt i et historisk rids af den vide række af miljø- og helbredskatastrofer som grundlæggende kunne have været undgået - hvis myndighederne havde lyttet til uafhængig forskning.

Bogens titel refererer til tobaksgiganterns konsekvente politik i forhold til sundhedsskaderne efter tobaksrygning, nemlig altid at stille tvivl ved forskning og resultater og hele tiden påstå at "mere forskning er nødvendigt", før man tager stilling.

Samme strategi ses omhyggeligt udført i forhold til mikrobølgeeksponeringens skadevirkninger; hvor man - selv i udmeldinger fra offentlige myndigheder - finder referencer til "manglende forskning"; på trods af at majoriteten af den publicerede forskning i dag finder væsentlig bioreaktivitet ved pulseret mikrobølgestråling i selv meget svage intensiteter.

Når myndighederne fastholder, at alle aspekter af de biologiske påvirkningsmekanismer skal være fuldstændig afklarede i emergente miljøkatastrofer, før man indfører regulering, koster det menneskeliv.

Så selvom der på nuværende tidspunkt kan fremvises adskillige tusinde forskningsmæssige resultater, der på forskellig vis påviser væsentlige biologiske skadevirkninger ved intensiteter langt under de accepterede grænseværdier, er der stadig magtfulde industri-lobbyer, som fastholder, at man endnu ikke har evidens for nogen skadelighed. Alene i relation til effekt på cancer er der både påvist DNA-skader og tumor-promoter-effekt ved eksponering for mikrobølgestråler fra mobiltelefoner. Samtidigt er der ligeledes påvist, at der ved eksponering dannes forbindelser i vævet, som har en anerkendt sammenhæng med cancerrisiko.

Alene derfor er der behov for, at ansvarlige politikere træder i karakter og forhindrer, at mennesker ufrivilligt udsættes for mikrobølgestråling - med baggrund i samme forsigtighedsprincip, som har været det styrende princip for al dansk miljølovgivning i nyere tid. Eksempelvis i forbindelse med sprøjtegifte og vandmiljø, hvor man regulerer sprøjtegifte alene på begrundet mistanke om et specifikt stofs forventede farlighed.

Nuværende situation er således virkeligt et skoleeksempel på Løgstrups etiske fordring, hvor de enkelte politikere i sådanne sager holder en stor del af befolkningens liv og helbred i deres hænder, idet den enkelte borger - uanset hvor oplyst vedkommende er - står magtesløs overfor det tiltagende eksponeringstryk. Der er så blot tilbage at afvente, hvorvidt myndighederne prioriterer menneskeliv eller multinationale firmaers profitmaksimering.

Konklusion og anbefalinger

Konklusion og anbefalinger

Bioreaktivitet for elektromagnetiske felter - forskningstatus

Frie iltradikaler:[1]

Overvældende majoritet af forskningsresultater påviser eller indikerer sammenhæng mellem dannelse af frie iltradikaler og eksponering for elektromagnetiske felter.

For elektromagnetiske felter i det radiofrekvente område dokumenteres sammenhængen i 88% af forskningsresultater publiceret mellem 2007 og 2014. For elektromagnetiske felter i de lavere frekvensområder dokumenteres sammenhængen ligeledes i 88% af forskningsresultater publiceret mellem 2007 og 2014.

Et nyere review fra juli 2015 påviser, at 93% af den publicerede forskning dokumenterer skadevirkninger relateret til frie iltradikaler ved eksponering for radiofrekvente felter i non-termiske intensiteter.

Frie iltradikaler kan lede til beskadigelse af cellulære processer og genetisk materiale, med deraf følgende risiko for degenerative og carcinogene virkninger.

Neurofysiologiske virkninger:[2]

Majoriteten af publicerede (2007-2014) forskningsresultater (60%) påviser eller indikerer neurofysiologiske virkninger ved eksponering for radiofrekvent elektromagnetisk stråling.

Den overvældende majoritet (97%) af publiceret (2007-2014) forskningsmateriale påviser eller indikerer neurofysiologiske virkninger ved eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felter.

Genotoksiske virkninger og ændringer i genekspression:[3]

Majoriteten (65%) af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer sammenhæng mellem eksponering for radiofrekvent elektromagnetisks stråling og genotoksiske/genekspressive virkninger

Overvældende majoritet af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer sammenhæng mellem eksponering for lavfrekvente elektromagentiske felter og genotoksiske/genekspressive virkninger.

Alzheimer:[4]

Overvældende majoritet (75%) af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer, at eksponering for lavfrekvente magnetfelter er en risikofaktor i forhold til udvikling af Alzheimers.

Melatonin:[5]

Overvældende majoritet (85%) af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer, at eksponering for lavfrekvente magnetfelter nedsætter produktionen af melatonin.

Fertilitet:[6]

Overvældende majoritet (79%) af publiceret (2005-2014)forskning påviser eller indikerer, at eksponering for radiofrekvent elektromagnetisk stråling i mikrobølgeområdet har fertilitetsnedsættende virkning.

Hjernekræft:[7]

- Anvendelse af mobiltelefon giver forøget (OR = 1.3; 95%CI=1.1–1.6) risiko for hjernekræft.
- Anvendelse af mobiltelefon i lang tid (>25år) giver yderligere forhøjet risiko (OR = 3.0; 95%CI=1.7–5.2) for hjernekræft.
- Anvendelse af trådløs telefon giver forøget (OR = 1.4, 95% CI = 1.1–1.7) risiko for hjernekræft.
- Anvendelse af trådløs telefon i lang tid (>15år) giver yderligere forhøjet risiko (OR = 1.7, 95% CI = 1.1–2.5) for hjernekræft.
- Risikoforøgelsen for udvikling af hjernekræft ved anvendelse mikrobølgebaseret telefoni er sammenlignelig med risikoforøgelsen for udvikling af lungekræft ved eksponering for passiv tobaksrygning[8]

Noter:

1-3: Rewievbaseret optælling: Biointitative 2014, "Research Summaries", samt Yakymenko et al. 2015. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. Electromagn Biol Med. 2015 Jul 7:1-16. [Epub ahead of print]

4-5: Rewievbaseret optælling: Bioinitiative 2012, "Conclusions"

6: Numerisk optælling via Pubmed. Optælling foretaget august 2014. Søgeterm: ("cell phones"[MeSH Terms] OR ("cell"[All Fields] AND "phones"[All Fields]) OR "cell phones"[All Fields] OR ("mobile"[All Fields] AND "phone"[All Fields]) OR "mobile phone"[All Fields]) AND ("fertility"[MeSH Terms] OR "fertility"[All Fields])

7: Risikoopgørelse fra nyeste metaanalyse fra Hardell-Gruppen: Hardell L, Carlberg M., 2015, p1

8: Review af 33 epidemiologiske studier fra 2009: Kundi, Michael, 2009b, p 322

Eksponeringsreduceringsanbefalinger fra Bioinitiative 2012

Bioinitiative er navnet på den formentlig mest gennemarbejdede forskningsmæssige indsats i forhold til dokumentation af elektromagnetiske felters bioreaktivitet. Første udgave kom i 2007, seneste udgave i 2012. I 2012-udgaven gennemgås 1800 forskellige eksperimenter og undersøgelser. Panelet bag Bioinitiative tæller 27 af verdens mest fremtrædende forskere inden for området.

På baggrund af den gennemgåede forskning har Bioinitiative-gruppen foreslået nye grænseværdier med henblik på nødvendigheden af drastisk eksponeringsreduktion, hvis borgernes sundhedstilstand skal opretholdes:

Bioinitiative 2012:

A scientific benchmark of 0.003 uW/cm2 or three nanowatts per centimeter squared for 'lowest observed effect level' for RFR is based on mobile phone base station-level studies. Applying a ten-fold reduction to compensate for the lack of long-term exposure (to provide a safety buffer for chronic exposure, if needed) or for children as a sensitive subpopulation yields a 300 to 600 picowatts per square centimeter precautionary action level. This equates to a 0.3 nanowatts to 0.6 nanowatts per square centimeter as a reasonable, precautionary action level for chronic exposure to pulsed RFR.

--- Bioinitiative, 2012, "Conclusions"

Bioinitiative 2012 - anbefalinger:

Laveste observerbare bioreaktivitet:

W/m^2:	mW/m^2:	$\mu W/m^2$:	$\mu W/cm^2$:	V/m:
0,00003	0,03	30	0,003	0.106

Foreslåede grænseværdier:

mW/m^2:	mW/m^2:	$\mu W/m^2$:	$\mu W/cm^2$:	V/m:
0,000003-0,000006	0,003-0,006	3-6	0,0003-0,0006	0.033-0.047

Figur 45: Nøgleværdier fra anbefalingerne fra Bioinitiative 2012 omregnet til relevante målenheder

Eksponeringsreduceringsanbefalinger fra SBM2008

SBM2008 er de tyske bygningsbiologers målestandard, hvori der fastlægges biologisk baserede grænseværdier for en vid række af forskellige påvirkninger.

I modsætning til andre formuleringer af grænseværdier, hvor der angives en enkelt værdi, er de tyske anbefalinger opdelt i forskellige vurderinger alt efter måleværdiernes mulige negative helbredspåvirkning: "No concern", "Slight concern", "Severe concern" og "Extreme concern"

For radiofrekvent elektromagnetisk stråling i mikrobølgeområdet angives følgende:

Bygningsbiologisk standard efter SBM2008 for peak-måling af mikrobølgestråling:

	"No concern"	"Slight concern"	"Severe concern"	"Extreme concern"
W/m^2	<0,0000001	0,0000001-0,00001	0,00001-0,001	>0,001
mW/m^2	<0,0001	0,0001-0,01	0,01-1	>1
$\mu W/m^2$	<0,1	0,1-10	10-1000	>1000
$\mu W/cm^2$	<0,00001	0,00001-0,001	0,001-0,1	>0,1
mV/m	<6,1	6,1-61	61-610	>610
V/m	<0,0061	0,0061-0,061	0,061-0,61	>0,61

Figur 46: Eksponeringsværdier og deres mulighed for helbredspåvirkning efter SBM2008. I SBM2008 måles peak-værdier, ikke RMS.

"No concern"-værdierne i SBM2008 er lavere end anbefalingerne fra Bioinitiative 2012, hvorfor SBM2008 kan være mere velegnet at benytte som udgangspunkt for særligt følsomme individer (EHS-ramte).

Perspektiver vedr eksponeringsreducerende tiltag

Efter nogle år vil de forskningsmæssige fremskridt i forhold til forståelsen af de elektromagnetiske felters bioreaktive natur forventeligt give udslag i reviderede grænseværdier for den almene befolkning, hvilket (som gennemgået i kapitel 10) allerede anbefales af en bred vifte af videnskabelige organisationer, forskersammenslutninger og lægegrupper.

Som det er velkendt fra tidligere tiders problemer - eksempelvis tobaksrygning og asbestskandalen går der sædvanligvis en længere årrække, fra et problem er forskningsmæssigt erkendt, til der tages politisk handling. I denne periode vil det enkelte individ være afhængig af egen viden til at træffe de nødvendige forholdsregler i forbindelse med eksponeringsreduktion.

Som grundlag for eksponeringsreduktion anbefales det at følge enten den foreslåede grænseværdi fra Bioinitiative 2012 eller de tyske bygningsbiologers standard SBM2008.

Personlige eksponeringsreducerende tiltag kunne derudover omfatte:

- Vælge kablede løsninger frem for trådløse
- Undgå produkter med indbygget mikrobølgesender
- Benytte kablet telefon
- Undgå brug af mobiltelefoni til andet en absolut nødvendige samtaler
- Benytte SMS-baseret kommunikation, hvis mobilkommunikation er nødvendigt
- Benytte "Air-Tube" håndfri sæt til nødvendige samtaler via mobiltelefon

I forhold til arbejdsrelateret eksponering og eksponering i forbindelse med skole/uddannelse er egentlig eksponeringsreduktion forventeligt afhængig af oplysning til omgivelserne om problemstillingen. I nogle kredse cirkulerer en "ikke-samtykke-erklæring" til anvendelse i forbindelse med ufrivillig eksponering i arbejdsmæssig eller uddannelsesmæssig henseende. Ud over at gøre arbejdsstedet eller uddannelsesinstitutionen opmærksom på problemstillingen har ikke-samtykke-erklæringen angiveligt også en juridisk værdi, derved at arbejdsstedet/uddannelsesinstitutionen ikke i en eventuel efterfølgende erstatningssag kan påberåbe sig manglende kendskab til problemstillingen.

En dansk borgergruppe er allerede på nuværende tidspunkt i gang med den forberedende fase af det retsopgør, der forventes inden for en årrække i forbindelse med ufrivillig eksponering for mikrobølgestråler.

Den manglende myndighedsindgriben i forhold til den hurtigt øgende eksponering er

formentligt også i modstrid mod menneskerettighedserklæringen:

"In this section, we argue that (1) because protection of children is a high threshold norm in HR law and (2) the binding language of the Convention on the Rights of the Child obliges States Parties to provide a higher standard of protection for children than adults, any widespread or systematic form of environmental pollution that poses a long-term threat to a child's rights to life, development or health may constitute an international human rights violation."

--- Roda & Perry, 2014, kap 5.

Fra et etisk synspunkt vil en beslutningstager på et hvilket som helst niveau, hvad enten personen befinder sig i et privat firma eller offentlig organisation, forventeligt have som udgangspunkt at sikre sig, at det arbejdssted, vedkommende har ansvar for, frembyder så lille sundhedsrisiko for medarbejderne som muligt. I denne forbindelse er det formentlig relevant for beslutningstagere at orientere sig ganske bredt om bioreaktiviteten af mikrobølgestrålingen fra trådløst udstyr.

I forhold til beslutningstagere både i det private erhvervsliv og i forbindelse med offentlige organisationer er der derfor en række forhold, der kunne være interessante:

Der findes retslig EU-præcedens (fra den italienske højesteret) for tilkendelse af arbejdsskadeerstatning til en person, fordi anvendelsen af mobiltelefon i arbejdsøjemed havde forårsaget en svulst i hjernen. (APPLE, 2012)

Som et eksempel på de enorme økonomiske konsekvenser, de fremtidige erstatningssager kan få, er en familie i Vermont i USA netop blevet tilkendt en erstatning på 1 million $ fra et mobilselskab, som opsatte en mikrobølgeantenne i umiddelbar nærhed af deres hjem. (WCAX, 2013)

Samtidigt er forsikringsselskaberne i meget høj grad opmærksomme på problemet (Swiss RE, 2013; Lloyd's, 2010), og er begyndt at undtage erstatningsansvar i forbindelse med skader forårsaget af elektromagnetiske felter fra deres policer og genforsikringsmuligheder. CFC Underwriting LTD i London, som er UK-agent for Lloyd's, udsendte således i februar 2015 en opdatering til deres forsikringspolicer, hvor de undtager skader efter eksponering for elektromagentiske felter eller radiobølger:

"We will not
a) make any payments on your behalf for any claim, og
b) incur any cost and expenses, or
c) reimburse you for any loss, damage, legal expenses, fees or costs sustained by you, or
d) pay any medical expenses
(...)
directly or indirectly arising out of, resulting from or contributet to by electromagnetic fields, electromagnetic

radiation, electromagnetism, radiowaves og noise.

--- CFC Underwriting, 2015, p6-7 (pkt 32)

Undtagelsen betyder, at bestyrelser og beslutningstagere forventeligt vil kunne gøres personligt erstatningsansvarlige i forbindelse med retssager efter skadevirkninger forvoldt ved eksponering for mikrobølgestråler.

Lloyd's er som bekendt verdens største forsikringsselskab, og deres policeændringer har normalt stor betydning for resten af forsikringsverdenen. Lloyd's bekræfter, at ovenstående undtagelse forventes indført i alle Lloyd's policer (Noble, Sharon, 2015).

Lloyd's stillingtagen har forventeligt historiske baggrunde i forhold til firmaets tidligere erstatningssager. I 1990'erne var Lloyds - på trods af deres enorme størrelse - tæt på at blive knust af de mange erstatningssager om asbest. I lighed med problemerne med mikrobølger havde de sundhedsfarlige aspekter af asbest været kendt i en del år - mens producenterne fortsat anvendte asbest i deres produkter.

De normale ansvarsfritagelsesbestemmelser i forbindelse med bestyrelsesarbejde (i kommerciel eller offentlig henseende) friholder dog normalt bestyrelsesmedlemmer for personligt ansvar, såfremt beslutningerne er taget i god tro.

De kommende retssager vil blive interessante i forhold til, hvorledes "god tro" defineres i sager, hvor bestyrelser forinden har modtaget henvendelser, som dokumenterer muligheden for helbredsskadende virkninger i forbindelse med eksponering for mikrobølgestråling.

For at sikre det bedst mulige udgangspunkt for fremtidige juridiske processer vil det således være formålstjenligt for interesserede borgere i forbindelse med henvendelser til offentlige myndigheder, forsyningsfirmaer eller skole-uddannelsesinstitutioner at inkludere tilstrækkelige forskningsmæssige referencer i henvendelsen, således at bestyrelsen for pågældende organisation ikke i fremtidige retssager kan hævde at have været ubekendte med problemfeltet.

Interesseorganisationer og diskussionsforum

I forhold til eksponeringsreduktion og almene vilkår for EHS-ramte er der på nuværende tidspunkt især tre danske organisationer, man kan støtte:

- EHS-foreningen *(ehsf.dk)*, som arbejder for bedre forhold for EHS-ramte.

- Rådet for Helbredssikker Telekommunikation (helbredssikker-telekommunikation.dk), som er en dansk NGO, der udgiver uafhængig oplysning om bioreaktiviteten af mikrobølgestråling fra trådløse kommunikationsapparater.

- Komiteen for Strålebeskyttelse *(stråling.dk)*, som er et borgerinitiativ, der med menneskerettighedsadvokat Christian Harlang i spidsen er ved at forberede et retsligt udredningsarbejde vedr erstatningsansvar.

Online community og diskussionsforum:
For kontinuerlig opdatering vedrørende forskningsnyheder og diskussionsmuligheder i forhold til EHS-problematikken anbefales EHS Forum Danmark *(ehsforum.dk*), som er et gratis online internetforum for personer med interesse for EHS-ramtes vilkår og for bioreaktivitet af mikrobølgestråling i øvrigt.

Tekniske udviklingsperspektiver:

Idet bioreaktiviten af mikrobølgestrålingen i høj grad synes at være knyttet til bestemte egenskaber ved frekvens, moduleringsform, pulseringsmønster og ELF-komponentfrekvenser fra pulseringsmønstret, øjnes samtidigt mulighed for, at man via grundig forskningsmæssig kortlægning af detailreaktioner i bioreaktiviteten for benyttede frekvenser, moduleringsformer, pulseringsmønstre (og deraf følgende ELF-komponentfrekvenser) vil kunne udvikle trådløst baserede kommunikationsformer, hvis RF-tekniske grundlag ikke rummer helbredsskadelige perspektiver.

Visse eksperimenter viser endvidere en betydelig reduktion i bioreaktivitet ved overlejring af signalet med stokastisk støj; men idet man endnu ikke har en fuldstændig kortlægning af interaktioner mellem RF-EMF og biologiske systemer, vil det være for tidligt at betragte denne løsningsmetode som værende hverken sufficient eller adækvat.

I et mere hypotetisk perspektiv - som på nuværende tidspunkt ikke er eksperimentelt afprøvet - ville man formentlig via overlejring af RF-signalet med en invers modfase kunne udvikle en signaltype, hvis afkodning kræver digital modtagelse, hvorved bioreaktiviteten (medieret via analoge påvirkningsmekanismer) kunne tænkes reduceret til ubetydelighed.

Samtidigt pågår der i teknisk øjemed forskellig forskning med hensyn til at nedsætte RF-emissioner fra håndholdte enheder og base-stationer. Eksempelvis findes der allerede veldokumenterede tekniske beskrivelser af såkaldt Green Cellular Architecture (Ezri, D., Shilo, S., 2009), hvilke skulle nedbringe RF-emissioner fra basestationer væsentligt.

I et fremtidigt udviklingsperspektiv betyder opmærksomhed på bioreaktiviteten for nuværende mikrobølgebaserede kommunikationsløsninger således ikke nødvendigvis et fremtidigt samfund uden trådløse kommunikationsmuligheder - på samme måde som reguleringen af asbest ikke har betydet, at man er holdt op med at bygge huse med eternittage, men derimod en producentforpligtielse til at undgå sundhedsskadelige ingredienser i egne produkter. Vores civilisations omfattende forskningsmæssige muligheder skulle være mere end tilstrækkelige til at udvikle løsninger, der både sikrer menneskeligt helbred og understøtter fortsat teknologisk udvikling.

Anvendt referencemateriale

Anvendt referencemateriale

Referencemateriale for kapitel 1: Elektromagnetiske felter og bølger:

Balanis, C., A. 1997. Antenna theory, analysis and design. Wiley.

Bevelacqua, Peter Joseph. 2014. Antenna Theory. URL: http://www.antenna-theory.com

Frenzel, Lou. 2012. What's The Difference Between EM Near Field And Far Field? Electronic Design, Jun 8, 2012. URL: http://electronicdesign.com/energy/what-s-difference-between-em-near-field-and-far-field

Mohr, Peter J.; Taylor, Barry N.; Newell, David B. (2008). "CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2006". Rev. Mod. Phys. 80 (2): 633–730

Referencemateriale for kapitel 2: Påvirkningsmekanismer:

Overblik: Biokemisk interaktion med elektriske og magnetiske felter

Bawin SM, Adey WR. 1976. Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency. Proc Natl Acad Sci USA 1976;73:1999–2003.

Bawin SM, Kaczmarek LK, Adey WR. 1975. Effects of modulated VHF fields on the central nervous system. Ann N Y Acad Sci 1975;247:74–81.

Becker RO, Murray DG. 1970. The electrical control system regulating fracture healing in amphibians. Clin Orthop Relat Res 1970;73:169–98.

Becker RO. 1961. The bioelectric factors in amphibian-limb regeneration. J Bone Jt Surg Am 1961;43-A:643–56.

Becker RO. 2002. Induced dedifferentiation: a possible alternative to embryonic stem cell transplants. NeuroRehabilitation 2002;17:23–31.

Belyaev, I., 2005. Nonthermal biological effects of microwaves: current knowledge, further perspective, and urgent needs. Electromagnetic Biology and Medicine 24, 375-403.

Berk M, Dodd S, Henry M. 2006. Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? A demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide. Bioelectromagnetics. 2006 Feb;27(2):151-5.

Berton R, et al. Effect of ELF electromagnetic exposure on percipitation of barium oxalate. Bioelectrochem Bioenerg 1993;30:13.

Binhi, V., Rubin, A., 2007. Magnetobiology: the kT paradox and possible solutions. Electromagnetic Biology and Medicine 26 (1), 45-62.

Blackman CF, Benane SG, House DE, Joines WT. Effects of ELF (1–120 Hz) and modulated (50 Hz) RF fields on the efflux of calcium ions from brain tissue in vitro. Bioelectromagnetics 1985;6:1–11.

Blackman CF, Elder JA, Weil CM. Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radiofrequency radiation:

effects of modulation frequency and field strength. Radio Sci 1979;14:93–8.

Borgens R, et al. 1989. Electric fields in vertebrate repair. Liss, New York, 1989.

Cifra M, Fields JZ, Farhadi A. 2011. Electromagnetic cellular interactions. Prog Biophys Mol Biol. 2011 May;105(3):223-46.

Cifra, M., Pokorný, J., Havelka, D., Kucera, O., 2010. Electric field generated by axial longitudinal vibration modes of microtubule. BioSystems 100 (2), 122-131.

Colli, L., Facchini, U., 1954. Light emission by germinating plants. Il Nuovo Cimento 12 (1), 150-153.

Colli, L., Facchini, U., Giudotti, G., Dungani Lonati, R., Orsenigo, M., Sommariva, O., 1955. Further measurements on the bioluminescence of the seedlings. Cellular and Molecular Life Sciences 11 (12), 479-481.

Del Giudice, E., Doglia, S., Milani, M., Smith, C.W., Vitiello, G., 1989. Magnetic flux quantization and josephson behaviour in living systems. Physica Scripta 40, 786-791.

Del Giudice, E., Fleischmann, M., Preparata, G., Talpo, G., 2002. On the “unreasonable” effects of elf magnetic fields upon a systemof ions. Bioelectromagnetics 23, 522-530.

Edmonds DT. 1993. Larmor precession as a mechanism for the detection of static and alternating magnetic fields. Bioelectrochem Bioenerg 1993;30:3.

Foletti, A., Lisi, A., Ledda, M., de Carlo, F., Grimaldi, S., 2009. Cellular ELF signals as a possible tool in informative medicine. Electromagnetic Biology and Medicine 28 (1), 71-79.

Forrester JV, Lois N, Zhao M, McCaig C. The spark of life: the role of electric fields in regulating cell behaviour using the eye as a model system. Ophthalmic Res 2007;39:4–16.

Friedman H, Becker RO, Bachman CH. 1963. Geomagnetic parameters and psychiatric hospital admissions.

Grundler, W., Kaiser, F., 1992. Experimental evidence for coherent excitations correlated with cell growth. Nanobiology 1 (2), 163-176.

Gu, B., Mai, Y., Ru, C., 2009. Mechanics of microtubules modeled as orthotropic elastic shells with transverse shearing. Acta Mechanica 207 (3), 195-209.

Gurwitsch, A., 1923. Die Natur des spezifischen Erregers der Zellteilung. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen 100 (1e2), 11-40.

Gurwitsch, A., 1924. Physikalisches über mitogenetische Strahlen. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen 103 (3e4), 490-498.

Gurwitsch, A.G., Gurwitsch, L.D., 1959. Die mitogenetische Strahlung, ihre phys- ikalisch-chemischen Grundlagen und ihre Anwendung in Biologie und Medizin. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.

Hideg, É., Kobayashi, M., Inaba, H., 1991. Spontaneous ultraweak light emission from respiring spinach leaf mitochondria. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)- Bioenergetics 1098 (1), 27-31.

Hosada H, Mori H, Sogoshi N, Nagasawa A, Nakabayashi S. Refractive indices of water and aqueous electrolyte solutions under high magnetic fields. J Phys Chem A 2004;108:1461–4.

Jafary-Asl, A.H., Smith, C.W., 1983. Biological dielectrics in electric and magnetic fields. In: Ann. Rep. Conf. Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, vol. 83. IEEE Publ., pp. 350-355.

Jelínek, F., Saroch, J., Kucera, O., Hasek, J., Pokorný, J., Jaffrezic-Renault, N., Ponsonnet, L., 2007. Measurement of electromagnetic activity of yeast cells at 42 GHz. Radioengineering 16 (1), 36-39.

Jelínek, F., Pokorný, J., Saroch, J., Hasek, J., 2005. Experimental investigation of electromagnetic activity of yeast cells at millimeter waves. Electromagnetic Biology and Medicine 24 (3), 301-308.

Jelínek, F., Pokorný, J., Saroch, J., 2002. Experimental investigation of electromag- netic activity of living cells at millimeter waves. In: Pokorný, J. (Ed.), Abstract Book of International Symposium Endogenous Physical Fields in Biology, pp. 57-58.

Jelínek, F., Pokorný, J., Saroch, J., Trkal, V., Hasek, J., Palán, B., 1999. Microelectronicsensors for measurement of electromagnetic fields of living cells and experi-mental results. Bioelectrochemistry and Bioenergetics 48 (2), 261-266.

Jelínek, F., Saroch, J., Trkal, V., Pokorný, J., 1996. Measurement system for experi- mental verification of Fröhlich electromagnetic field. Bioelectrochemistry and Bioenergetics 41 (1), 35-38.

Konev, S.V., Lyskova, T., Nisenbaum, G., 1966. Very weak bioluminescence of cells in the ultraviolet region of the spectrum and its biological role. Biophysics 11, 410-413.

Levin M. 2007. Large-scale biophysics: ion flows and regeneration. Trends Cell Biol 2007;17:261–70.

Lisi, A., Foletti, A., Ledda, M., Rosola, E., Giuliani, L., D'Emilia, E., Grimaldi, S., 2006. Extremely low frequency 7 Hz 100 mt electromagnetic radiation promotes differentiation in the human epithelial cell line HaCaT. Electromagnetic Biology and Medicine 25 (4), 269-280.

Lundager Madson HE. Influence of magnetic field on the percipitation of some inorganic salts. J Cryst Growth 1995;152:94.

Markov MS. 2007. Magnetic field therapy: a review. Electromagn Biol Med 2007;26:1–23.

McCaig CD, Rajnicek AM, Song B, Zhao M. 2002. Has electrical growth cone guidance found its potential? Trends Neurosci 2002;25:354–359.

McCaig CD, Rajnicek AM, Song B, Zhao M. 2005. Controlling cell behavior electrically: current views and future potential. Physiol Rev 2005;85:943–78.

Montagnier, Del Giudice, Aïssa, Lavallee, Motschwiller, Capolupo, Polcari, Romano, Tedeschi, Vitiello. 2015.

Transduction of DNA information through water and electromagnetic waves. Electromagnetic Biology and Medicine. June 2015, Vol. 34, No. 2 , Pages 106-112

Muehsam DJ, Pilla AA. Lorentz approach to static magnetic field effects on bound-ion dynamics and binding kinetics: thermal noise considerations. Bioelectromagnetics 1996;17:89–99.

Murata Y, Iwasaki H, Sasaki M, Inaba K, Okamura Y. 2005. Phosphoinositide phosphatase activity coupled to an intrinsic voltage sensor. Nature 2005;435:1239–43.

Nuccitelli R. 2003. A role for endogenous electric fields in wound healing. Curr Top Dev Biol 2003;58:1–26.

Ojingwa JC, Isseroff RR. 2003. Electrical stimulation of wound healing. J Invest Dermatol 2003;121:1–12.

Pazur A., 2004. Characterisation of weak magnetic field effects in an aqueous glutamic acid solution by nonlinear dielectric spectroscopy and voltammetry. BioMagnetic Research and Technology 2 (1), 8.

Pazur A, Rassadina V, Dandler J, Zoller J. 2007. Growth of etiolated barley plants in weak static and 50 Hz electromagnetic fields tuned to calcium ion cyclotron resonance. Biomagn Res Technol 2006;4:1.

Pilla AA, Muehsam DJ, Markov MS. 1997. A dynamical systems/larmor precession model for weak magnetic field bioeffects: ion binding and orientation of bound water molecules. Bioelectrochem Bioenerg 1997;43:241–52.

Pilla AA, Muehsam DJ, Markov MS. 1999. A larmor precession/dynamical system models allow mT-range magnetic field effects on ion binding in the presence of thermal noise. In: Bersani F, editor. Electricity and magnetism in biology and medicine. New York: Plenum; 1999. p. 395–9.

Pilla AA. 2003. Weak time-varying and static magnetic fields: from mechanisms to therapeutic applications. In: Stavroulakis P, editor. Biological effects of electromagnetic fields: mechanisms, modeling, biological effects, therapeutic effects, international standards, exposure criteria. Berlin: Springer; 2003.

Pilla, A., Nasser, P., Kaufman, J., 1992. Cell communication significantly decreases thermal for electromagnetic bioeffects. In: Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 14, pp. 300-301.

Pohl, H.A., 1981. Electrical oscillation and contact inhibition of reproduction in cells. Journal of Biological Physics 9 (4), 191-200.

Pohl, H.A., Pollock, J.K., 1986. Modern Bioeletrochemistry. Plenum press, New York and London, Ch. Biological Dielectrophoresis: The Behavior of Biologically Significant Materials in Nonuniform Electric Fields, pp. 329-375.

Pokorný, J., Hasek, J., Jelínek, F., Saroch, J., Palán, B., 2001. Electromagnetic activity of yeast cells in the M phase. Electro- and Magnetobiology 20 (1), 371-396.

Pokorný, J., Hasek, J., Vanis, J., Jelínek, F., May 2008. Biophysical aspects of cancer - electromagnetic mechanism. Indian Journal of Experimental Biology 46, 310-321.

Portet, S., Tuszynski, J.A., Hogue, C.W.V., Dixon, J.M., 2005. Elastic vibrations in seamless microtubules.

European Biophysics Journal 34 (7), 912-920.

Preparata, G., 1995. QED Coherence in Matter. World Scientific, New Jersey, London, Hong Kong.

Quickenden, T., Que Hee, S.S., 1974. Weak luminescence from the yeast Saccharo- myces cerevisiae and the existence of mitogenetic radiation. Biochemical and Biophysical Research Communications 60 (2), 764-770.

Quickenden, T., Que Hee, S.S., 1976. The spectral distribution of the luminescence emitted during growth of the yeast Saccharomyces cerevisiae and its relationship to mitogenetic radiation. Photochemistry and Photobiology 23 (3), 201-204.

Quickenden, T., Tilbury, R., 1983. Growth dependent luminescence from cultures of normal and respiratory deficient saccharomyces cerevisiae. Photochemistry and Photobiology 37 (3), 337-344.

Quickenden, T., Tilbury, R., 1991. Luminescence spectra of exponential and stationary phase cultures of respiratory deficient saccharomyces cerevisiae. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 8 (2), 169-174.

Rajaram M, Mitra S. 1981. Correlation between convulsive seizure and geomagnetic activity. Neurosci Lett 1981;24:187–91.

Reid B, Song B, McCaig CD, Zhao M. 2005. Wound healing in rat cornea: the role of electric currents. FASEB J 2005;19: 379–386.

Rossi C, Foletti A, Magnani A, Lamponi S. 2011. New perspectives in cell communication: Bioelectromagnetic interactions.Semin Cancer Biol. 2011 Jun;21(3):207-14.

Sirenko, Y.M., Stroscio, M.A., Kim, K.W., Jan 1996. Elastic vibrations of microtubules in a fluid. Phys. Rev. E 53 (1), 1003-1010.

Slawinski, J., 1990. Necrotic photon emission in stress and lethal interactions, Current Topics in Biophysics 19, 8-27.

Slawinski, J., 2003. Biophotons from stressed and dying organisms: toxicological aspects. Indian Journal of Experimental Biology 41, 483-493.

Slawinski, J., 2005. Photon emission from perturbed and dying organisms: biomedical perspectives. Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd 12 (2), 90-95.

Stocum DL. 1997. New tissues from old. Science 1997;276:15.

Sun S, Liu Y, Lipsky S, Cho M. 2007. Physical manipulation of calcium oscillations facilitates osteodifferentiation of human mesenchymal stem cells. FASEB J. 2007 May;21(7):1472-80.

Sun S, Wise J, Cho M. 2004. Human fibroblast migration in three-dimensional collagen gel in response to noninvasive electrical stimulus. I. Characterization of induced threedimensional cell movement. Tissue Eng 2004;10:1548–57.

Tyner, K.M., Kopelman, R., Philbert, M.A., 2007. “Nano-sized voltmeter” enables cellular-wide electric field mapping. Biophysical Journal 93, 1163-1174.

Valles Jr JM. 2002. Model of magnetic field-induced mitotic apparatus reorientation in frog eggs. Biophys J 2002;82:1260–5.

Venkatraman K. 1976. Epilepsy and solar activity – an hypothesis. Neurology (India) 1976;24:1–5.

Wang E, Zhao M, Forrester JV, McCaig CD. 2003. Bi-directional migration of lens epithelial cells in a physiological electrical field. Exp Eye Res 2003;76:29–37.

Wang Q, Li L, Chen G, Yang Y. Effects of magnetic field on the sol–gel transition of methycellulose in water. Carbohydr Polym 2007;70:345–9.

Wang, C., Li, C., Adhikari, S., 2009. Dynamic behaviors of microtubules in cytosol. Journal of Biomechanics 42 (9), 1270-1274.

Wang, C., Ru, C., Mioduchowski, A., 2006. Vibration of microtubules as orthotropic elastic shells. Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 35 (1), 48-56.

Wang, C., Zhang, L., 2008. Circumferential vibration of microtubules with long axial wavelength. Journal of Biomechanics 41 (9), 1892-1896.

Wever R. 1968. Influence of weak electromagnetic fields on the circadian periodicity of humans. Naturwissenschaften 1968;55:29–32.

Zhadin, M., 2000. Review of russian literature on biological action of DC and low-frequency AC magnetic fields. Bioelectromagnetics 22 (1), 27-45.

Zhadin, M., Deryugina, O., Pisachenko, T., 1999. Influence of combined DC and AC magnetic fields on rat behavior. Bioelectromagnetics 20 (6), 378-386.

Zhadin, M., Giuliani, L., 2006. Some problems in modern bioelectromagnetics. Electromagnetic Biology and Medicine 25 (4), 227-243.

Zhao M, Forrester JV, McCaig CD. 1999. A small, physiological electric field orients cell division. Proc Natl Acad Sci USA 1999;96: 4942–4946.

Zhao M, Song B, Pu J, Wada T, Reid B, Tai G, Wang F, Guo A, Walczysko P, Gu Y, Sasaki T, Suzuki A, Forrester JV, Bourne HR, Devreotes PN, McCaig CD, Penninger JM. 2006. Electrical signals control wound healing through phosphatidylinositol-3-OH kinase-gamma and PTEN. Nature 2006;442: 457–460.

Zhou KX, Lu GW, Zhou QC, Song JH, Jiang ST, Xia HR. 2000. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. J App Phys 2000;88:1802–5.

Molekylær polaritet og dipolmoment i et elektomagnetisk felt:

Fesenko, Novikov, Bobkova. 2003. , Decomposition of amyloid β-protein under the action of a weak magnetic field, Biophysics 48 (2003) 204-206.

Fesenko, Evgenii; Gluvstein, Alexander Ya., 1995. Changes in the state of water, induced by radiofrequency electromagnetic fields. FEBS Letters , Volume 367 , Issue 1 , 53 - 55

Hinrikus H, Lass J, Karai D, Pilt K, Bachmann M. 2014. Microwave effect on diffusion: a possible mechanism for non-thermal effect. Electromagn Biol Med. 2014 May 23:1-7.

Novikov, Fesenko. 2001. Hydrolysis of some peptides and proteins in a weak combined (constant and low-frequency variable) magnetic field, Biophysics 46 (2001) 233-238.

Vegiri, A. 2004. Reorientational relaxation and rotational-translational coupling in water clusters in a d.c. external electric field, J. Mol. Liq. 110 (2004)155 –168.

Makromolekylers foldning og strukturelle konformitet

Anfinsen CB (1973). "Principles that govern the folding of protein chains". Science 181 (4096): 223–230

English, Niall J., Kusalik, Peter G., Woods, Sarah A. 2012. Coupling of translational and rotational motion in chiral liquids in electromagnetic and circularly polarised electric fields. THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS 136, 094508 (2012),

French, Peter W., Penny, Ronald., Laurence, Jocelyn A., McKenzie, David R. 2000. Mobile phones, heat shock proteins and cancer. Differentiation (2000) 67:93–97

Leszczynski, Dariusz., Joenväärä, Sakari., Reivinen, Jukka., Kuokka, Reetta. 2002. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: Molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects. Differentiation (2002) 70:120–129

Levinthal, Cyrus (1969). "How to Fold Graciously". Mossbauer Spectroscopy in Biological Systems: Proceedings of a meeting held at Allerton House, Monticello, Illinois: 22–24.

M. Barteri, A. Pala and S. Rotella, Structural and kinetic effects of mobile phone microwaves on acetylcholin-esterase activity, Biophys. Chem. 113 (2005) 245-253. [Back]

Shaw, D.E. et al. 2010. Atomic-Level Characterization of the Structural Dynamics of Proteins. Science 330, 15 October 2010,p341-346.

de Pomeraia, David I., Smitha, Brette., Dawea, Adam., North, Kate., Smitha, Tim., Archera, David B., Ducea, Ian R., Jones, Donald., Candidob, E. Peter M., 2003. Microwave radiation can alter protein conformation without bulk heating. FEBS Letters 543 (2003) 93-97

Vridningsresonans i makromolekyler

Bohr J, Bohr H. 1997. The implication of topology for protein structure and aggregation. Z. Physik D 40: 186-198.

Bohr, J., Bohr, H., Brunak, S. 1997a. Protein folding and wring resonances. Biophysical Chemistry 63, 1997, p97-105

Bohr, H., Brunak, S., Bohr, J., 1997b. Molecular Wring Resonances in Chain Molecules. Bioelectromagnetics 18:187–189 (1997)

Bohr, H., Bohr, J., 2000. Microwave Enchanced Kinetics Observed in ORD Studies of a Protein. Bioelectromagnetics 21, 2000, p68-72

Bohr, H., Bohr, J., 2000a. Microwave-enhanced folding and denaturation of globular proteins. Physical Review, Volume 61, Number 4, april 2000, p4310-4314

Calcium efflux

Goldsworthy A, 2006. 'Effects of electrical and electromagnetic fields on plants and related topics'. In Plant Electrophysiology – Theory and Methods. Ed. Volkov A G (Springer, Berlin, Hiedelberg, New York).

Goldsworthy, A., 2008. The Cell Phone and the Cell. 1st Hellenic Congress - The Effects of Electromagnetic Radiation. Thessalonica, 24-25 May 2008

Goldsworthy, A., 2012. The Biological Effects of Weak Electromagnetic Fields - Problems and solutions

Pall, Martin. 2015. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. J Chem Neuroanat. 2015 Aug 21. doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.08.001. [Epub ahead of print]

Frie Radikaler:

Abu Khadra KM, Khalil AM, Abu Samak M, Aljaberi A. 2015. Evaluation of selected biochemical parameters in the saliva of young males using mobile phones. Electromagn Biol Med. 2015 Mar;34(1):72-76

Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. 2012. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. J Pediatr Urol. 2013 Apr;9(2):223-229.

Avci B, Akar A, Bilgici B, Tunçel ÖK. 2012. Oxidative stress induced by 1.8 GHz radio frequency electromagnetic radiation and effects of garlic extract in rats. Int J Radiat Biol. 88(11):799-805, 2012.

Ayata A, Mollaoglu H, Yilmaz HR, Akturk O, Ozguner F, Altuntas I. 2004. Oxidative stressmediated skin damage in an experimental mobile phone model can be prevented by melatonin.Dermatol. 31(11):878-883, 2004.

Aydin B, Akar A. 2011. Effects of a 900-MHz electromagnetic field on oxidative stress parameters in rat lymphoid organs, polymorphonuclear leukocytes and plasma. Arch Med Res. 42(4):261-267, 2011.

Aynali G, Nazıroğlu M, Celik O, Doğan M, Yarıktaş M, Yasan H. 2013. Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. Eur Arch Otorhinolaryngol. 270(5):1695-1700, 2013.

Bilgici B, Akar A, Avci B, Tuncel OK. 2013. Effect of 900 MHz radıofrequency radıatıon on oxıdatıve stress in rat brain and serum. Electromagn Biol Med. 32:20-29, 2013.

Burlaka A, Tsybulin O, Sidorik E, Lukin S, Polishuk V, Tsehmistrenko S, Yakymenko I. 2013. Overproduction of free radical species in embryonal cells exposed to low intensity radiofrequency radiation. Exp Oncol. 35(3):219-225, 2013.

Deshmukh PS, Banerjee BD, Abegaonkar MP, Megha K, Ahmed RS, Tripathi AK, Mediratta PK. 2013. Effect of low level microwave radiation exposure on cognitive function and oxidative stress in rats. Indian J Biochem Biophys. 50(2):114-119, 2013.

Devrim E, Ergüder IB, Kılıçoğlu B, Yaykaşlı E, Cetin R, Durak I. 2008. Effects of Electromagnetic Radiation Use on Oxidant/Antioxidant Status and DNA Turn-over Enzyme Activities in Erythrocytes and Heart, Kidney, Liver, and Ovary Tissues From Rats: Possible Protective Role of Vitamin C. Toxicol Mech Methods. 18(9):679-683, 2008.

Eser O, Songur A, Aktas C, Karavelioglu E, Caglar V, Aylak F, Ozguner F, Kanter M. 2013. The effect of electromagnetic radiation on the rat brain: an experimental study. Turk Neurosurg. 2013;23(6):707-15.

Esmekaya MA, Ozer C, Seyhan N. 2011. 900 MHz pulse-modulated radiofrequency radiation induces oxidative stress on heart, lung, testis and liver tissues. Gen Physiol Biophys. 30(1):84-89, 2011

Garaj-Vrhovac V, Gajski G, Pažanin S, Sarolić A, Domijan AM, Flajs D, Peraica M. 2011. Assessment of cytogenetic damage and oxidative stress in personnel occupationally exposed to the pulsed microwave radiation of marine radar equipment. Int J Hyg Environ Health. 4(1):59-65, 2011.

GoldsworthLai H, Singh NP, 1997a. Melatonin and N-tert-butyl-alpha-phenylnitrone block 60-Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells. J Pineal Res 1997 Apr;22(3):152-62.

Goldsworthy A, 2006. Effects of electrical and electromagnetic fields on plants and related topics. In Plant Electrophysiology – Theory and Methods. Ed. Volkov A G (Springer, Berlin, Hiedelberg, New York).

Goldsworthy, A., 2008. The Cell Phone and the Cell. 1st Hellenic Congress - The Effects of Electromagnetic Radiation. Thessalonica, 24-25 May 2008

Goldsworthy, A., 2012. The Biological Effects of Weak Electromagnetic Fields - Problems and solutions

Hanc H, Odac E, Kaya H, Aliyazıcıoğlu Y, Turan I, Demir S, Colakoğlu S. 2013. The effect of prenatal exposure to 900-MHz electromagnetic field on the 21-old-day rat testicle. Reprod Toxicol. 42:203-209, 2013.

Herzberg, G., 1971. The spectra and structures of simple free radicals. Cornell University Press

Hässig M, Jud F, Naegeli H, Kupper J, Spiess BM. 2009. Prevalence of nuclear cataract in Swiss veal calves and its possible association with mobile telephone antenna base stations. Schweiz Arch Tierheilkd. 151(10):471-478, 2009.

Höytö A, Luukkonen J, Juutilainen J, Naarala J. 2008. Proliferation, oxidative stress and cell deathin cells exposed to 872 MHz radiofrequency radiation and oxidants. Radiat. Res. 170(2):235-243, 2008.

Jelodar G, Akbari A, Nazifi S. 2013. The prophylactic effect of vitamin C on oxidative stress indexes in rat eyes following exposure to radiofrequency wave generated by a BTS antennamodel. Int J Radiat Biol. 89(2):128-131, 2013.

Jelodar G, Nazifi S, Akbari A. 2013a. The prophylactic effect of vitamin C on induced oxidative stress in rat testis following exposure to 900 MHz radio frequency wave generated by a BTS antenna model. Electromagn Biol Med. 2013 Jan 16.

Lai H, 1998. Neurological effects of radiofrequency electromagnetic radiation, Mobile Phones and Health, Symposium, October 25-28, 1998, University of Vienna, Austria.

Lai H, Singh NP, 1997b. Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. Bioelectromagnetics 1997;18:446-54.

Liu C, Duan W, Xu S, Chen C, He M, Zhang L, Yu Z, Zhou Z. 2013. Exposure to 1800 MHz radiofrequency electromagnetic radiation induces oxidative DNA base damage in a mouse spermatocyte-derived cell line. Toxicol Lett 218(1): 2-9, 2013.

Lu YS, Huang BT, Huang YX. 2012. Reactive Oxygen Species Formation and Apoptosis in Human Peripheral Blood Mononuclear Cell Induced by 900 MHz Mobile Phone Radiation. Oxid Med Cell Longev. 2012:740280, 2012

López-Riquelme, G.O., López-Sandoval, E., Vera-Aguilar, E., Godina-Nava1, J.J., 2015. Modulation of radical pairs dynamics immersed in an ELF- EMF: The effect on hepatocarcinogenesis. Journal of Physics: Conference Series 582 (2015) 012048

Manta AK, Stravopodis DJ, Papassideri IS, Margaritis LH. 2014. Reactive oxygen species elevation and recovery in Drosophila bodies and ovaries following short-term and long-term exposure to DECT base EMF. Electromagn Biol Med. 2014 Jun;33(2):118-31

McLaughlan, K.A., 1992. Are Environmental Electromagnetic Fields Dangerous?. Phys World 1992, January:41-5

McLaughlan, K.A., Steiner, U.E. 1994. The spin-correlated radical pairs a reaction intermediate. Mol Phys 1994;73:241-263

Megha K, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Abegaonkar MP. 2012. Microwave radiation induced oxidative stress, cognitive impairment and inflammation in brain of Fischer rats. Indian J Exp Biol. 50(12):889-896, 2012. (LI)

Ozorak A, Nazıroğlu M, Celik O, Yüksel M, Ozçelik D, Ozkaya MO, Cetin H, Kahya MC, Kose SA. 2013. Wi-Fi (2.45 GHz)- and Mobile Phone (900 and 1800 MHz)-Induced Risks on Oxidative Stress and Elements in Kidney and Testis of Rats During Pregnancy and the Development of Offspring. Biol Trace Elem Res. 2013 Dec;156(1-3):221-9

Scaiano JC, Cozens FL, McLean J, 1994. Model for the rationalization of magnetic field effects in vivo. Application of the radical-pair mechanism to biological systems.Photochem Photobiol 1994 Jun;59(6):585-89.

Sokolovic D, Djindjic B, Nikolic J, Bjelakovic G, Pavlovic D, Kocic G, Krstic D, Cvetkovic T, Pavlovic V. 2008. Melatonin reduces oxidative stress induced by chronic exposure of microwave radiation from mobile phones in rat brain. J Radiat Res (Tokyo). 49(6):579-586, 2008

Tomruk A, Guler G, Dincel AS. 2010. The influence of 1800 MHz GSM-like signals on hepatic oxidative DNA and lipid damage in nonpregnant, pregnant, and newly born rabbits. Cell Biochem Biophys. 56(1):39-47, 2010.

Xu S, Zhou Z, Zhang L, Yu Z, Zhang W, Wang Y, Wang X, Li M, Chen Y, Chen C, He M, Zhang G, Zhong M. 2010. Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons. Brain Res. 1311:189-196, 2010.

Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S. 2015. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. Electromagn Biol Med. 2015 Jul 7:1-16. [Epub før udgivelse]

Dielektriske virkninger på cellulært niveau:

Havas, Magda. 2013. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system. Rev Environ Health 2013; 28(2-3): 75–84

Sernelius, Bo E., 2004. Possible induced enhancement of dispersion forces by cellular phones. Phys. Chem. Chem. Phys., 2004, 6, 1363–1368

Sernelius, Bo E., 2006. Unconventional Approach to Biological Effects of EMF. I: Ayrapetyan, S. N. & Markov, M. S. 2006. Bioelectromagnetics. Springer, Holland. p155 – 167.

Taghi M, Gholamhosein R, Saeed RZ., 2013. Effect of radio frequency waves of electromagnetic field on the tubulin. Recent Pat Endocr Metab Immune Drug Discov. 2013 Sep;7(3):252-6.

HSP'ere, Fraktalantenner og elektronbaseret DNA-interaktion

Blank M, Goodman R. 1997. Do electromagnetic fields interact directly with DNA? Bioelectromagnetics. 1997;18(2):111-5.

Blank M, Goodman R. 2011. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields.Int J Radiat Biol. 2011 Apr;87(4):409-15.

Blank, M. 2005. A proposed explanation for effects of electric and magnetic fields on the Na,K-ATPase in terms of interactions with electrons, Bioelectromagnetics 26 (2005) 591–597.

Blank, M. 2008. Protein and DNA interactions with electromagnetic fields, Electromagn Biol Med 28 (2008) 3–23.

Blank, M., Khorkova, O., Goodman, R. 1994. Changes in polypeptide distribution stimulated by different levels of EM and thermal stress, Bioelectrochem Bioenerg 33 (1994) 109–114.

Czyz, J., Guan, K., Zeng, Q., Nikolova, T., Meister, A., Schönborn, F., Schuderer I., Kuster, N., Wobus, A.M. 2004. High frequency electromagnetic fields (GSM signals) affect gene expression levels in tumor suppressor p53-deficient embryonic stem cells, Bioelectromagnetics 25 (2004) p296–307.

Goodman R, Henderson AS. 1988. Exposure of salivary gland cells to low frequency electromagnetic fields alters polypeptide synthesis. Proceedings of the National Academy of Science (US) 85:3928–3932.

Goodman, R. & Blank, M. 1998. Magnetic field stress induces expression of hsp70, Cell Stress Chaperones 3 (1998) 79–88.

Johnson, D.L. & Johnson, S.A.S. 2008. RNA metabolism and oncogenesis, Science 320 (2008) 461–462.

Lin H, Blank M, Rossol-Haseroth K, Goodman R. 2001. Regulating genes with electromagnetic response elements. Journal of Cell Biochemistry 81:143–148.

Lin, H, Blank M, Head M, Goodman R. 1999. Magnetic fieldresponsive domain in the human HSP70 promoter. Journal of Cell Biochemistry 75:170–176.

Martin B., & Goodman, R. 2009. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. Int. J. Radiat. Biol., Vol. 87, No. 4, April 2011, pp. 409–415

Martin B., & Goodman, R. 2009. Electromagnetic fields stress living cells. Pathophysiology 16 (2009) 71–78

Slinker JD, Muren NB, Renfrew SE, Barton JK. 2011. DNA charge transport over 34 nm.Nat Chem. 2011 Mar;3(3):228-33.

de Pomerai, D.I., Daniells, C., David, H., Allan, J., Duce, I., Mutwakil, M., Thomas, D., Sewell, P., Tattersall, J., Jones, D. 2000. Non-thermal heat-shock response to microwaves, Nature 6785 (2000) p417–418.

Referencemateriale for kapitel 3 - Genotoksiske virkninger

Adlkofer, Franz. 2004. Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive in vitro Methods. (REFLEX) European Union: Quality of Life and Management of Living Resources

Adlkofer, Franz. 2009. Presentation at the International EMF Conference, Starvanger, Norway, Nov 17 2009.

Adlkofer, Franz. 2011. Forelæsning på Harvard. URL: http://www.law.harvard.edu/news/2011/11/18_safra-center-cellphone-radiation-corruption.html

Arbejdstilsynet. 2002. At-vejledning D.6.1.1. URL: https://arbejdstilsynet.dk/da/regler/at-vejledninger-mv/arbejdets-udforelse/d-6-1-1-ikke-ioniserende-straling.aspx

Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. 2012. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. J Pediatr Urol. 2013 Apr;9(2):223-9

Atlı Şekeroğlu Z, Akar A, Sekeroğlu V. Evaluation of the cytogenotoxic damage in immature and mature rats exposed to 900 MHz radio frequency electromagnetic fields. Int J Radiat Biol. 89(11):985-992, 2013.

Avendaño C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF. 2012. Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. FertilSteril 97:39-45, 2012.

Belyaev IY, Markovà E, Hillert L, Malmgren LO, Persson BR. 2009. Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/gamma-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes. Bioelectromagnetics 30:129-41, 2009.

Campisi A, Gulino M, Acquaviva R, Bellia P, Raciti G, Grasso R, Musumeci F, Vanella A, Triglia A. 2010. Reactive oxygen species levels and DNA fragmentation on astrocytes in primary culture after acute exposure to low intensity microwave electromagnetic field. Neurosci Lett 473:52-55.

Chavdoula ED, Panagopoulos DJ, Margaritis LH. 2010. Comparison of biological effects between continuous and intermittent exposure to GSM-900-MHz mobile phone radiation: detection of apoptotic cell-death features. Mutat Res 700:51-61, 2010.

Deshmukh PS, Megha K, Banerjee BD, Ahmed RS, Chandna S, Abegaonkar MP, Tripathi AK. 2013. Detection of low level microwave radiation induced deoxyribonucleic acid damage vis-à-vis genotoxicity in brain of fischer rats. Toxicol Int 2013;20:19-24

Esmekaya MA, Aytekin E, Ozgur E, Güler G, Ergun MA, Omeroğlu S, Seyhan N. 2011. Mutagenic and morphologic impacts of 1.8GHz radiofrequency radiation on human peripheral blood lymphocytes (hPBLs) and possible protective role of pre-treatment with Ginkgo biloba (EGb 761). Sci Total Environ. 410-411:59-64, 2011.

Franzellitti S, Valbonesi P, Ciancaglini N, Biondi C, Contin A, Bersani F, Fabbri E. 2010. Transient DNA damage induced by high-frequency electromagnetic fields (GSM 1.8 GHz) in the human trophoblast HTR-8/SVneo cell line evaluated with the alkaline comet assay. Mutat Res 683(1-2):35-42,

Gajski G, Garaj-Vrhovac V. 2009. Radioprotective effects of honeybee venom (Apismellifera) against 915-MHz microwave radiation-induced DNA damage in wistar rat lymphocytes: in vitro study. Int J Toxicol 28:88-98, 2009.

Gandhi G, Anita, 2005. Genetic damage in mobile phone users: some preliminary findings. Ind J Hum Genet 11:99-104, 2005.

Gandhi G, Singh P. 2005. Cytogenetic damage in mobile phone users: preliminary data. Int J Hum Genet 5:259-265, 2005.

Garaj-Vrhovac V, Gajski G, Pažanin S, Sarolić A, Domijan AM, Flajs D, Peraica M. 2011. Assessment of cytogenetic damage and oxidative stress in personnel occupationally exposed to the pulsed microwave radiation of marine radar equipment. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Jan 2011;214(1):59-65

Garaj-Vrhovac V, Horvat D, Koren Z. 1991. The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese hamster cells exposed to microwave radiation. Mutation Research, July 1991, 263(3):143-9.

Garaj-Vrhovac V. 1999. Micronucleus assay and lymphocyte mitotic activity in risk assessment of occupational exposure to microwave radiation.Chemosphere, Dec 1999;39(13):2301-12.

Garaj-Vrhovac, V., and Fucic, A., 1993: "The rate of elimination of chromosomal aberrations after accidental exposure to microwave radiation". Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 30:319-325.

Garaj-Vrhovac, Vera .2009. Assessment of DNA sensitivity in peripheral blood leukocytes after occupational exposure to microwave radiation: the alkaline comet assay and chromatid breakage assay. Cell Biology and Toxicology, February 2009, Volume 25, Issue 1, pp 33-43

Gerner C, Haudek V, Schandl U, Bayer E, Gundacker N, Hutter HP, Mosgoeller W. 2010. Increased protein synthesis by cells exposed to a 1,800-MHz radio-frequency mobile phone electromagnetic field, detected by proteome profiling. Int Arch Occup Environ Health. 2010 Aug;83(6):691-702.

Giorgi G, Marcantonio P, Bersani F, Gavoçi E, Del Re B. 2011. Effect of extremely low frequency magnetic field exposure on DNA transposition in relation to frequency, wave shape and exposure time. Int J Radiat Biol. 87(6):601-608, 2011.

Hekmat A, Saboury AA, Moosavi-Movahedi AA. 2013. The toxic effects of mobile phone radiofrequency (940MHz) on the structure of calf thymus DNA. Ecotoxicol Environ Saf. 2013 Feb;88:35-41.

Jiang B, Nie J, Zhou Z, Zhang J, Tong J, Cao Y. 2012. Adaptive response in mice exposed to 900 MHz radiofrequency fields: primary DNA damage. PLoS One. 7(2):e32040, 2012.

Kim J, Yoon Y, Yun S, Park GS, Lee HJ, Song K. 2012. Time-varying magnetic fields of 60 Hz at 7 mT induce DNA double-strand breaks and activate DNA damage checkpoints without apoptosis. Bioelectromagnetics. 33(5):383-393, 2012.

Lai H, Singh NP. 1997. Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. Bioelectromagnetics. 1997;18(6):446-54.

Lai H, Singh NP. 1997a. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. Bioelectromagnetics. 1997;18(2):156-65.

Lai H, Singh NP. 1997b. Melatonin and N-tert-butyl-alpha-phenylnitrone block 60-Hz magnetic field-induced

DNA single and double strand breaks in rat brain cells. J Pineal Res. 1997 Apr;22(3):152-62.

Lai H, Singh NP. 2004. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. Environ Health Perspect. 2004 May;112(6):687-94.

Lai H, Singh NP., 1995. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. Bioelectromagnetics. 1995;16(3):207-10.

Lai, Henry. 1996. Single-and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. Int J Radiat Biol. 1996 Apr;69(4):513-21.

Liu C, Gao P, Xu SC, Wang Y, Chen CH, He MD, Yu ZP, Zhang L, Zhou Z. 2013. Mobile phone radiation induces mode-dependent DNA damage in a mouse spermatocyte-derived cell line: a protective role of melatonin. Int J Radiat Biol. 2013 Nov;89(11):993-1001

Lodish, Harvey, et al. 2007. Molecular Cell Biology. W.H.Freeman and Company.

López-Martín E, Bregains J, Relova-Quinteiro JL, Cadarso-Suárez C, Jorge-Barreiro FJ, Ares Pena FJ. 2009. The action of pulse-modulated GSM radiation increases regional changes in brain activity and c-Fos expression in cortical and subcortical areas in a rat model of picrotoxin-induced seizure proneness. J Neurosci Res. 87(6):1484-1499, 2009.

Nittby H, Widegren B, Krogh M, Grafström G, Berlin H, Rehn G, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR, Salford L. 2008. Exposure to radiation from global system for mobile communications at 1,800 MHz significantly changes gene expression in rat hippocampus and cortex. Environmentalist 28(4), 458-465, 2008.

Nylund R, Leszczynski D. 2006. Mobile phone radiation causes changes in gene and protein expression in human endothelial cell lines and the response seems to be genome- and proteome-dependent. Proteomics 6:4769-4780, 2006.

Nylund, R., Kuster, N., Leszczynski, D., 2010. Analysis of proteome response to the mobile phone radiation in two types of human primary endothelial cells. Proteome Science, 2010, 8:52

Panagopoulos DJ, Chavdoula ED, Nezis IP, Margaritis LH. 2007. Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation. Mutat Res 626:69-78, 2007.

Panagopoulos, D.J., Karabarbounis, A., Margaritis, L.H., 2004. Effect of GSM 900-MHz mobile phone radiation on the reproductive capacity of D. melanogaster, Electromagn. Biol Med 23 (2004) 29-43.

Panagopoulos, D.J., Messini, N., Karabarbounis, A., Philippetis, A.L., Margaritis, L.H., 2000. Radio frequency electromagnetic radiation within "safety levels" alters the physiological function of insects, in: P. Kostarakis, P. Stavroulakis (Eds.), Proceedings of the Millennium International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Heraklion, Crete, Greece, October 17-20, 2000, pp. 169-175, ISBN: 960-86733-0-5;

Paulraj R, Behari J. 2006. Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microwave radiation. Mutat Res 596:76-80, 2006.

Sage C., 2015. The implications of non-linear biological oscillations on human electrophysiology for electrohypersensitivity (EHS) and multiple chemical sensitivity (MCS). Rev Environ Health. 2015 Sep 12. doi: 10.1515/reveh-2015-0007. [Epub ahead of print]

Sekeroğlu V, Akar A, Sekeroğlu ZA. 2012. Cytotoxic and genotoxic effects of high-frequency electromagnetic fields (GSM 1800 MHz) on immature and mature rats. Ecotoxicol Environ Saf. 80:140-144, 2012.

Tkalec M, Stambuk A, Srut M, Malarić K, Klobučar GI. Oxidative and genotoxic effects of 900MHz electromagnetic fields in the earthworm Eisenia fetida. Ecotoxicol Environ Saf. 90:7-12, 2013.

Valbonesi P, Franzellitti S, Bersani F, Contin A, Fabbri E. 2014. Effects of the exposure to intermittent 1.8 GHz radio frequency electromagnetic fields on HSP70 expression and MAPK signaling pathways in PC12 cells. Int J Radiat Biol. 2014 May;90(5):382-91

Wu W, Yao K, Wang KJ, Lu DQ, He JL, Xu LH, Sun WJ. 2008. [Blocking 1800 MHz mobile phone radiation-induced reactive oxygen species production and DNA damage in lens epithelial cells by noise magnetic fields.] Zhejiang Da XueXueBao Yi Xue Ban 37:34-38, 2008.

Xu S, Chen G, Chen C, Sun C, Zhang D, Murbach M, Kuster N, Zeng Q, Xu Z. 2013. Cell Type-Dependent Induction of DNA Damage by 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Fields Does Not Result in Significant Cellular Dysfunctions. PLoS One. 8(1):e54906, 2013.

Yao K, Wu W, Wang K, Ni S, Ye P, Yu Y, Ye J, Sun L. 2008. Electromagnetic noise inhibits radiofrequency radiation-induced DNA damage and reactive oxygen species increase in human lens epithelial cells. Mol Vis 14:964-969, 2008.

Zeni, O.; Sannino, A.; Romeo, S.; Massa, R.; Sarti, M.; Reddy, A.B.; Prihoda, T.J.; Vijayalaxmi; Scarfi, M.R. 2012. Induction of an adaptive response in human blood lymphocytes exposed to radiofrequency fields: Influence of the universal mobile telecommunication system (UMTS) signal and the specific absorption rate. Mutat. Res. 2012, 747, 29–35.

Zhang SZ, Yao GD, Lu DQ, Chiang H, Xu ZP. 2008. [Effect of 1.8 GHz radiofrequency electromagnetic fields on gene expression of rat neurons]. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 26(8):449-452, 2008.

Zhao R, Zhang S, Xu Z, Ju L, Lu D, Yao G. 2007. Studying gene expression profile of rat neuron exposed to 1800MHz radiofrequency electromagnetic fields with cDNA microassay. Toxicology 235:167-175, 2007.

d'Ambrosio G, Massa R, Scarfi MR, Zeni O. 2002. Cytogenetic damage in human lymphocytes following GMSK phase modulated microwave exposure. Bioelectromagnetics. 2002 Jan;23(1):7-13.

Referencemateriale for kapitel 4 - Carcinogene virkninger

Carlberg, M., & Hardell, L., 2014. Decreased survival of glioma patients with astrocytoma grade IV(glioblastoma multiforme) associated with long-term use of mobile and cordless phones. International Journal of Environmental Research and Public Health, 11(10), 10790–10805.

Coureau, G., Bouvier, G., Lebailly, P., Fabbro-Peray, P., Gruber, A., Leffondre, K., Baldi, I. 2014. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. Occupational and Environmental Medicine, 71(7), 514–522.

Davis, D. L., Kesari, S., Soskolne, C. L., Miller, A. B., & Stein, Y. (2013). Swedish review strengthens grounds for concluding that radiation from cellular and cordless phones is a probable human carcinogen. Pathophysiology: The Official Journal of the International Society for Pathophysiology / ISP, 20(2), 123–129.

Hallberg, Örjan; Johansson, Olle. 2013. Increasing Melanoma—Too Many Skin Cell Damages or Too Few Repairs? Cancers 2013, 5, 184-204;

Hardell L, Carlberg M. 2015. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. Pathophysiology. 2015 Mar;22(1):1-13.

Hardell, L., Carlberg, M. 2013. Using the Hill viewpoints from 1965 for evaluating strengths of evidence of the risk for brain tumors associated with use of mobile and cordless phones. Reviews on Environmental Health, 28(2-3), 97–106.

Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Hansson Mild K. 2013. Case - control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and co rdless phone use. International Journal of Oncology . 2013; 43 : 1833 - 45

Hardell, L., Carlberg, M., & Hansson-Mild, K. 2013. Use of mobile phones and cordless phones is associated with increased risk for glioma and acoustic neuroma. Pathophysiology, 20(2), 85–110.

Hardell, Lennart., Carlberg, Michael. 2013. Using the Hill viewpoints from 1965 for evaluating strengths of evidence of the risk for brain tumors associated with use of mobile and cordless phones. Reviews on Environmental Health, Volume 28, Issue 2-3 (Nov 2013)

Hardell, Lennart; Carlberg, Michael. 2015. "Increasing Rates of Brain Tumours in the Swedish National Inpatient Register and the Causes of Death Register." Int. J. Environ. Res. Public Health 12, no. 4: 3793-3813.

IARC, (2011), "IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol 102. Non-ionizing radiation, part II: radiofrequency electromagnetic fields". International Agency for Research on Cancer, Lyon, Frankrig

Kundi, Michael. 2009b. The Controversy about a Possible Relationship between Mobile Phone Use and Cancer. Environmental Health Perspectives, volume 117, number 3, March 2009

Lerchl, Alexander; Klose, Melanie, Grote, Karen; Wilhelm, Adalbert F.X.; Spathmann, Oliver; Fiedler, Thomas; Streckert, Joachim; Hansen, Volkert; Clemens, Markus. 2015. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. Biochemical and Biophysical Research Communications, Available online 6 March 2015, ISSN 0006-291X, http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.02.151.

Morgan, L. Lloyd; Miller, Anthony B.; Sasco, Annie; Davis, Devra Lee. 2015. Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (Review). International Journal of Oncology, May 2015, Volume 46 Issue 5, pp 1865-1871

Oxman AD, Lavis JN, Fretheim A. 2007. Use of evidence in WHO recommendations. Lancet. 2007 Jun 2;369(9576):1883-9.

Statens Serum Institut. 2012. Cancerregisteret. Tal og analyse. Statens Serum Institut, URL: http://www.ssi.dk/Aktuelt/Nyheder/2013/~/media/Indhold/DK%20-%20dansk/Sundhedsdata%20og%20it/NSF/Registre/Cancerregisteret/Cancerregisteret%202012.ashx

Tillmann T, Ernst H, Streckert J, Zhou Y, Taugner F, Hansen V, Dasenbrock C. 2010. Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an ethylnitrosourea mouse model. Int J Radiat Biol. 2010 Jul;86(7):529-41

Vela, et al., (1979), "Mechanism of lethal action of 2450 MHz radiation on microorganisms." Applied and Environ. Microbiol. 37: 550-553.

WHO. 2011. WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2011. Geneva: World Health Organization, 201

West, J. G., Kapoor, N. S., Liao, S.-Y., Chen, J. W., Bailey, L., & Nagourney, R. A., 2013. Multifocal breast cancer in young women with prolonged contact between their breasts and their cellular phones. Case Reports in Medicine, Volume 2013, Article ID 354682, p1-5

Referencemateriale for kapitel 5 - Virkninger på blod-hjerne-barrieren

Albert, E. N., Kerns, J. M. (1981). Reversible microwave effects on the BBB. Brain Res. 230:153–164.

Hassel B, Iversen E, Fonnum F. 1994. Neurotoxicity of albumin in-vivo. Neuroscience Letters 167:29–32.

Leszczynski, D., Joenväärä, S., Reivinen, J., Kuokka, R. 2002. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanisms for cancer- and BBB-related effects. Differentiation 70:120–129

Nittby H, Grafström G, Salford LG. 2008. Radiofrequency and extremely low-frequency electromagnetic field effects on the blood-brain barrier, Electromagn Biol Med, 2008;27:103-26

Oscar K, Hawkins T. 1977. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. Brain Res 126:281–293.

Oscar KJ, Hawkins TD. 1977. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. Brain Res. 1977 May 6;126(2):281-93.

Persson B, Salford L, Brun A. 1997. Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication. Wireless Networks 3:455–461.

Prato, F. S., Frappier, R. H., et al. (1990). Magnetic resonance imaging increases the BBB permeability to 153-gadolinium diethylenetriaminepentaacetic acid in rats. Brain Res. 523:301–304.

Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob. & Persson, Bertil. 1993. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz. Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 30 (1993) 293-301

Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob., Malmgren, Lars., & Persson, Bertil. 2003. Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. Environmental Health Perspectives, VOLUME 111 | NUMBER 7 | June 2003

Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob., Malmgren, Lars., & Persson, Bertil. 2008 Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones. Electromagn Biol Med. 2008;27(3):215-29

Schirmacher A., Winters S., Fischer S., Goeke J., Galla H.J., Kullnick U., Ringelstein E.B., Stögbauer F. 2000. Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro. Bioelectromagnetics. 2000 Jul;21(5):338-45.

Referencemateriale for kapitel 6 - Fertilitetsskadende virkninger

Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. 2008. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. Fertil Steril. 2008 Jan;89(1):124-8.

Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, Sharma R (2009) Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. Fertil Steril 92(4):1318–1325

Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. 2005. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. Int J Androl. 2005 Jun;28(3):171-9.

Danmarks Statistik, 2014. www.dst.dk/nytudg/18866

Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, Celik MS. 1999. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. Urol Res. 1999 Jun;27(3):219-23.

Fejes I, Závaczki Z, Szöllosi J, Koloszár S, Daru J, Kovács L, Pál A. 2005. Is there a relationship between cell phone use and semen quality?. Arch Androl. 2005 Sep-Oct;51(5):385-93.

Forgács Z, Kubinyi G, Sinay G, Bakos J, Hudák A, Surján A, Révész C, Thuróczy G. 2005. Effects of 1800 MHz GSM-like exposure on the gonadal function and hematological parameters of male mice. Magy Onkol. 2005;49(2):149-51.

Gorpinchenko, Igor; Nikitin, Oleg; Banyra, Oleg; Shulyak, Alexander. 2014. The influence of direct mobile phone radiation on sperm quality.Central European journal of urology, 67,1, p65 -

Grundler, W., Kaiser, F., Keilmann, F., Walleczek, J. (1992). Mechanisms of electromagnetic interaction with cellular systems. Naturwissenschaften 79(12):551 –559.

Kesari, K. K., Kumar, S., Behari, J. (2011a). 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain. Electromagn. Biol. Med. 30(4):219– 234.

Kesari, K. K., Kumar, S., Behari, J. (2011a). 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain. Electromagn. Biol. Med. 30(4):219– 234.

Kesari, K. K., Kumar, S., Behari, J. (2011b). Effects of radiofrequency electromagnetic waves exposure from cellular phone on reproductive pattern in male Wistar rats. Appl. Biochem. Biotechnol. 164:546– 559.

Kesari, K.K.; Behari, J. 2008. Effect of mobile phone radiation exposure on reproductive system of male rats, IEEE2008, 564 – 567.

Kumar S, Kesari KK, Behari J. 2011. Influence of microwave exposure on fertility of male rats. Fertil Steril. 2011 Mar 15;95(4):1500-2

Kumar, Kesari & Behari, Jitendra, 2012. Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: Role of ROS. Electromagnetic biology and medicine (1536-8378), 31 (3), p. 213.

Meo SA, Al-Drees AM, Husain S, Khan MM, Imran MB (2010) Effects of mobile phone radiation on serum testosterone in Wistar albino rats. Saudi Med J 30(8):869–873

Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H (2007) Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. Ann Agric Environ Med 14(1):169–172

Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, Matloub HS. 2007. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats.Fertil Steril. 2007 Oct;88(4):957-64.

Özorak, Alper., Nazıroğlu, Mustafa., Çelik, Ömer., Yüksel, Murat., Özçelik, Derviş., Özkaya, Mehmet Okan., Çetin, Hasan., Kahya, Mehmet Cemal & Kose, Seyit Ali. 2013. Wi-Fi (2.45 GHz)- and Mobile Phone (900 and 1800 MHz)-Induced Risks on Oxidative Stress and Elements in Kidney and Testis of Rats During Pregnancy and the Development of Offspring. Biol Trace Elem Res (2013) 156:221–229

Referencemateriale for kapitel 7 - Mastestuider

Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, Michael A, Farahat F, El-Batanouny M, Salem E. 2007. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. Neurotoxicology. 2007 Mar;28(2):434-40

Altpeter ES, Röösli M, Battaglia M, Pfluger D, Minder CE, Abelin T. 2006. Effect of short-wave (6-22 MHz) magnetic fields on sleep quality and melatonin cycle in humans: the Schwarzenburg shut-down study. Bioelectromagnetics. 2006 Feb;27(2):142-50.

Dode AC, Leão MM, Tejo Fde A, Gomes AC, Dode DC, Dode MC, Moreira CW, Condessa VA, Albinatti C, Caiaffa WT. 2011. Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. Science of the Total Environment, Volume 409, Issue 19, 1 September 2011, Pages 3649–3665

Eger H, Hagen KU, Lucas B, Vogel P, Voit H. 2004. Einfluss der raumlichen nahe von mobilfunksendeanlagen auf die krebsinzidenz. Umwelt-Medizin-Gesellschaft. 2004;17:326-332.

Eger, H., Jahn, M., 2010. Spezifische Symptome und Mobilfunkstrahlung in Selbitz (Bayern) – Evidenz für eine Dosiswirkungsbeziehung, umwelt · medizin · gesellschaft, 23, 2 (2010), 130-139.

Gandhi G, Kaur G, Nisar U. 2014. A cross-sectional case control study on genetic damage in individuals residing in the vicinity of a mobile phone base station. Electromagn Biol Med. 2014 Jul 9:1-11. [Epub ahead of print]

Khurana VG, Hardell L, Everaert J, et al. 2010. Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations. Int J Occup Environ Health 2010;16:263–7.

Kundi, Michael; Hutter, Hans-Peter. 2009a. Mobile phone base stations—Effects on wellbeing and health. Pathophysiology 16 (2009) 123–135

Navarro, E.A., J. Segura, M. Portoles, C. G-P de Mateo. 2003. The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain. Electromagnetic Biology & Medicine Vol. 22 (2):161-169.

Santini, R., Santini, P., Seigne, M., Danze, J.M., 2001. Symptômes exprimés pardes riverains de stations relais de téléphonie mobile. La Presse Medicale, 3 novembre, 2001 /30/No 32, pp1594-

Shinjyo, Tetsuharu; Shinjyo, Akemi. 2014. Signifikanter Rückgang klinischer Symptome nach Senderabbau – eine Interventionsstudie. umwelt · medizin · gesellschaft | 27 | 4/2014

Wolf R, Wolf D. 2004. Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station. Int J Cancer Prev. 2004;1:123-128.

Referencemateriale for kapitel 8 - EHS

Abdel-Rassoul G, Abou El-Fateh O, Abou Salem M, et al. 2007. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. Neurotox. 2007; 28(2): 434-440.

Aldad, T.S., Gan, G., Gao, X-B., & Taylora, H.S., 2012. Fetal Radiofrequency Radiation Exposure From 800-1900 Mhz-Rated Cellular Telephones Affects Neurodevelopment and Behavior in Mice. Sci Rep. 2012; 2: 312.

Andrzejak R, Poreba R, Poreba M, Derkacz A, Skalik R, Gac P, Beck B, Steinmetz-Beck A, Pilecki W. 2008. The influence of the call with a mobile phone on heart rate variability parameters in healthy volunteers. Ind Health. 2008 Aug;46(4):409-17.

Augner C, Hacker GW, Oberfeld G, Florian M, Hitzl W, Hutter J, Pauser G., 2010. Effects of exposure to GSM mobile phone base station signals on salivary cortisol, alpha-amylase, and immunoglobulin A. Biomed Environ Sci. 2010 Jun;23(3):199-207

Balmori A, Hallberg O. 2007. The urban decline of the house sparrow (Passer domesticus): a possible link with electromagnetic radiation. Electromagn Biol Med. 2007;26(2):141-51.

Balmori A. 2010. Mobile phone mast effects on common frog (Rana temporaria) tadpoles: the city turned into a laboratory. Electromagn Biol Med. 2010 Jun;29(1-2):31-5

Belpomme, Dominique, 2014. Electrosensitivity a Pre-Alzheimer's State? URL: http://electromagnetichealth.org/electromagnetic-health-blog/electrosensitivity-a-pre-alzheimers-state/

Bin Lv, Zhiye Chen, Tongning Wu, Qing Shao, Duo Yan, Lin Ma, Ke Lu, Yi Xie. 2014. The alteration of spontaneous low frequency oscillations caused by acute electromagnetic fields exposure. Clinical Neurophysiology 125 (2014) 277–286

Buchner, Klaus & Eger, Horst. 2011. Veränderung klinisch bedeutsamer Neurotransmitter unter dem Einfluss modulierter hochfrequenter Felder - Eine Langzeiterhebung unter lebensnahen Bedingungen. Uwelt Medizin Gesellschaft 2011; 24(1): 44-57

Cammaerts MC, Johansson O., 2014. Ants can be used as bio-indicators to reveal biological effects of electromagnetic waves from some wireless apparatus. Electromagn Biol Med. 2014 Dec;33(4):282-8.

Chiu CT, Chang YH, Chen CC, Ko MC, Li CY., 2014. Mobile phone use and health symptoms in children. J Formos Med Assoc. 2014 Aug 9. pii: S0929-6646(14)00207-1. [Epub ahead of print]

De Luca C, Thai JC, Raskovic D, Cesareo E, Caccamo D, Trukhanov A, Korkina L. 2014. Metabolic and genetic screening of electromagnetic hypersensitive subjects as a feasible tool for diagnostics and intervention. Mediators Inflamm. 2014;2014:924184. Epub 2014 Apr 9.

De-Kun Li, MD, PhD; Hong Chen, MPH; Roxana Odouli, MSPH. 2011. Maternal Exposure to Magnetic Fields During Pregnancy in Relation to the Risk of Asthma in Offspring. Arch Pediatr Adolesc Med. 2011;165(10):945-950.

Del Vecchio G, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA, Giardino L, Calzà L. 2009. Continuous exposure to 900MHz GSM-modulated EMF alters morphological maturation of neural cells. Neurosci Lett. 2009 May 22;455(3):173-

Deshmukh PS, Banerjee BD, Abegaonkar MP, Megha K, Ahmed RS, Tripathi AK, Mediratta PK. 2013. Effect of low level microwave radiation exposure on cognitive function and oxidative stress in rats. Indian J Biochem Biophys. 2013 Apr;50(2):114-9.

Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. 2012. Cell phone use and behavioural problems in young children. J Epidemiol Community Health. 2012 Jun;66(6):524-9

Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J., 2008. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. Epidemiology. 2008 Jul;19(4):523-9.

Eskander EF, Estefan SF, Abd-Rabou AA., 2012. How does long term exposure to base stations and mobile phones affect human hormone profiles? Clin Biochem. 2012 Jan;45(1-2):157-61.

Everaert J, Bauwens D. 2007. A possible effect of electromagnetic radiation from mobile phone base stations on

the number of breeding house sparrows (Passer domesticus). Electromagn Biol Med. 2007;26(1):63-72.

Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, Margaritis LH. 2010. Whole body exposure with GSM 900MHz affects spatial memory in mice. Pathophysiology. 2010 Jun;17(3):179-87.

Gómez-Perretta C1, Navarro EA, Segura J, Portolés M., 2013. Subjective symptoms related to GSM radiation from mobile phone base stations: a cross-sectional study. BMJ Open. 2013 Dec 30;3(12):e003836.

Hagström M, Auranen J, Ekman R., 2013. Electromagnetic hypersensitive Finns: Symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. Pathophysiology. 2013 Apr;20(2):117-22.

Hallberg Ö, Johansson O. 2005. Alzheimer mortality - why does it increase so fast in sparsely populated areas?. European Biology and Bioelectromagnetics. 2005; 1: 225-246.

Hallberg, Oerjan; Oberfeld, Gerd., 2006. Do we all become electrosensitive? Electromagnetic Biology and Medicine, 25: 189-191, 2006

Havas M, Marrongelle J. 2013. Replication of heart rate variability (HRV) provocation study with 2.4 GHz cordless phone. Electromagn Biol Med 2013;32:1–14.

Havas M., 2013. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system. Rev Environ Health. 2013;28(2-3):75-84

Hedendahl, Lena; Carlberg, Michael; Hardell, Lennart. 2015. Electromagnetic hypersensitivity – an increasing challenge to the medical profession. Reviews on Environmental Health. Epub. DOI: 10.1515/reveh-2015-0012, September 2015.

Hillert L, Akerstedt T, Lowden A, Wiholm C, Kuster N, Ebert S, Boutry C, Moffat SD, Berg M, Arnetz BB. 2008. The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study. Bioelectromagnetics. 2008 Apr;29(3):185-9

Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. 2006. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. Occup. Environ. Med. 2006; 63: 307-313.

Håkansson N, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B. 2003. Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. Epidemiology. 2003 Jul;14(4):420-6; discussion 427-8.

Ikeda K, Nakamura K., 2014. Association between mobile phone use and depressed mood in Japanese adolescents: a cross-sectional study. Environ Health Prev Med. 2014 May;19(3):187-93.

Jiang DP, Li J, Zhang J, Xu SL, Kuang F, Lang HY, Wang YF, An GZ, Li JH, Guo GZ. 2013. Electromagnetic pulse exposure induces overexpression of beta amyloid protein in rats. Arch Med Res. 2013 Apr;44(3):178-84.

Kato Y, Johansson O., 2012. Reported functional impairments of electrohypersensitive Japanese: A questionnaire survey. Pathophysiology. 2012 Apr;19(2):95-100.

Khadrawy, Yasser A., Ahmed, N. A., Aboulezz, H. S., Radwan, N. M. 2009. Effect of electromagnetic radiation

from mobile phone on the levels of cortical amino acid neurotransmitters in adult and young rats. Romanian J. Biophys. , vol. 19 , issue 4, pp. 295–305., 2009.

Khamidova, Gulzoda M., 2014. The Influence of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on the Platelet Aggregation. International Journal of BioMedicine 4(3) (2014) 155-158

Khorseva NI, Grigor'ev IuG, Gorbunova NV. 2011. Psychophysiological indicators for children using mobile phones. Communication 2. Results of four-year monitoring. Radiats Biol Radioecol. 2011 Sep-Oct;51(5):617-23.

Kolodynski AA, Kolodynska VV. 1996. Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia. Sci. Total Environ. 1996; 180: 87-93.

Li DK, Ferber JR, Odouli R, Quesenberry Jr CP. A Prospective Study of In-utero Exposure to Magnetic Fields and the Risk of Childhood Obesity. Scientific Reports. 2(540):1-6. Published 27 July 2012.

Lowden A, Akerstedt T, Ingre M, Wiholm C, Hillert L, Kuster N, Nilsson JP, Arnetz B. 2011. Sleep after mobile phone exposure in subjects with mobile phone-related symptoms. Bioelectromagnetics. 2011 Jan;32(1):4-14

Maaroufi K, Had-Aissouni L, Melon C, Sakly M, Abdelmelek H, Poucet B, Save E., 2014. Spatial learning, monoamines and oxidative stress in rats exposed to 900 MHz electromagnetic field in combination with iron overload. Behav Brain Res. 2014 Jan 1;258:80-9

Maby E, Le Bouquin Jeannes R, Faucon G. 2006. Short-term effects of GSM mobiles phones on spectral components of the human electroencephalogram. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2006;1:3751-4.

Maier R, Greter SE, Maier N. 2004. Effects of pulsed electromagnetic fields on cognitive processes - a pilot study on pulsed field interference with cognitive regeneration. Acta Neurol Scand. 2004 Jul;110(1):46-52.

Margaritis LH1, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, Georgiou E, Giannakopoulou O, Kollia I, Kontogianni G, Kourouzidou A, Myari A, Roumelioti F, Skouroliakou A, Sykioti V, Varda G, Xenos K, Ziomas K., 2014. Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources. Electromagn Biol Med. 2014 Sep;33(3):165-89.

McCarty DE, Carrubba S, Chesson AL, Frilot C, Gonzalez-Toledo E, Marino AA. 2011. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome. Int J Neurosci. 2011 Dec;121(12):670-6.

Megha K, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Abegaonkar MP., 2012. Microwave radiation induced oxidative stress, cognitive impairment and inflammation in brain of Fischer rats. Indian J Exp Biol. 2012 Dec;50(12):889-96.

Narayanan SN, Kumar RS, Kedage V, Nalini K, Nayak S, Bhat PG. 2014. Evaluation of oxidant stress and antioxidant defense in discrete brain regions of rats exposed to 900 MHz radiation. Bratisl Lek Listy. 2014;115(5):260-6.

Narayanan SN, Kumar RS, Potu BK, Nayak S, Bhat PG, Mailankot M. 2010. Effect of radio-frequency electromagnetic radiations (RF-EMR) on passive avoidance behaviour and hippocampal morphology in Wistar rats. Ups J Med Sci. 2010 May;115(2):91-6.

Nittby H, Grafström G, Tian DP, Malmgren L, Brun A, Persson BR, Salford LG, Eberhardt J., 2008. Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. Bioelectromagnetics. 2008 Apr;29(3):219-32.

Noonan CW, Reif JS, Yost M, Touchstone J. 2002. Occupational exposure to magnetic fields in case-referent studies of neurodegenerative diseases. Scand J Work Environ Health. 2002 Feb;28(1):42-8.

Noonan CW, Reif JS, Yost M, Touchstone J. 2002. Occupational exposure to magnetic fields in case-referent studies of neurodegenerative diseases. Scand J Work Environ Health. 2002 Feb;28(1):42-8.

Nordin S, Neely G, Olsson D, Sandström M., 2014. Odor and noise intolerance in persons with self-reported electromagnetic hypersensitivity. Int J Environ Res Public Health. 2014 Aug 27;11(9):8794-805.

Ntzouni MP, Skouroliakou A, Kostomitsopoulos N, Margaritis LH., 2013. Transient and cumulative memory impairments induced by GSM 1.8 GHz cell phone signal in a mouse model. Electromagn Biol Med. 2013 Mar;32(1):95-120.

Ntzouni MP, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Margaritis LH., 2011. Short-term memory in mice is affected by mobile phone radiation. Pathophysiology. 2011 Jun;18(3):193-9.

Panagopoulos, Dimitris J. & Margaritis, Lukas H. 2008. Mobile Telephony Radiation Effects on Living Organisms. 2008. In: A.C. Harper & R.V. Buress (eds). 2008. Mobile Telephones; Networks, Applications and Performance. Nova Science Publishers, Inc.pp. 107-149

Papageorgiou CC, Hountala CD, Maganioti AE, Kyprianou MA, Rabavilas AD, Papadimitriou GN, Capsalis CN., 2011. Effects of wi-fi signals on the p300 component of event-related potentials during an auditory hayling task. J Integr Neurosci. 2011 Jun;10(2):189-202.

Perentos N, Croft RJ, McKenzie RJ, Cosic I. 2013. The alpha band of the resting electroencephalogram under pulsed and continuous radio frequency exposures. IEEE Trans Biomed Eng. 2013 Jun;60(6):1702-10.

Rea WJ, Pan Y, Fenyves EJ, Sujisawa, Suyama H, Samadi N, Ross GH. 1991. Electromagnetic Field Sensitivity. J Bioelectricity 1991; 10 (1 - 2): 241 - 256

Redmayne M, Johansson O. 2014. Could myelin damage from radiofrequency electromagnetic field exposure help explain the functional impairment electrohypersensitivity? A review of the evidence. J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 2014;17(5):247-58.

Regel SJ, Tinguely G, Schuderer J, Adam M, Kuster N, Landolt HP, Achermann P. 2007. Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose-dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance. J Sleep Res. 2007 Sep;16(3):253-8.

Rezk AY, Abdulqawi K, Mustafa RM, Abo El-Azm TM, Al-Inany H., 2008. Fetal and neonatal responses following maternal exposure to mobile phones. Saudi Med J. 2008 Feb;29(2):218-23.

Santini R, Santini P, Danze JM, et al. 2002. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone

base stations: 1. Influences of distance and sex. Pathol Biol. 2002; 50: 369-373.

Sarapultseva EI, Igolkina JV, Tikhonov VN, Dubrova YE. 2014. The in vivo effects of low-intensity radiofrequency fields on the motor activity of protozoa. Int J Radiat Biol. 2014 Mar;90(3):262-7.

Savitz DA, Loomis DP, Tse CK. 1998. Electrical occupations and neurodegenerative disease: analysis of U.S. mortality data. Arch Environ Health. 1998 Jan-Feb;53(1):71-4.

Schmid MR, Loughran SP, Regel SJ, Murbach M, Bratic Grunauer A, Rusterholz T, Bersagliere A, Kuster N, Achermann P. 2012. Sleep EEG alterations: effects of different pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields. J Sleep Res. 2012 Feb;21(1):50-8.

Schreier N, Huss A, Röösli M., 2006. The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. Soz Praventivmed. 2006;51(4):202-9.

Schröttner J, Leitgeb N., 2008. Sensitivity to electricity--temporal changes in Austria. BMC Public Health. 2008 Sep 12;8:310.

Shahbazi-Gahrouei D, Karbalae M, Moradi HA, Baradaran-Ghahfarokhi M., 2014. Health effects of living near mobile phone base transceiver station (BTS) antennae: a report from Isfahan, Iran. Electromagn Biol Med. 2014 Sep;33(3):206-10.

Sinha RK. 2008. Chronic non-thermal exposure of modulated 2450 MHz microwave radiation alters thyroid hormones and behavior of male rats. Int J Radiat Biol. 2008 Jun;84(6):505-13.

Suleiman A, Gee TT, Krishnapillai AD, Khalil AM, Hamid MWA, Mustapa M., 2014. Electromagnetic Radiation Health Effects in Exposed and Non-Exposed Residents in Penang. GEP 2014; 2 : 77 - 83

Tuengler A, von Klitzing L., 2013. Hypothesis on how to measure electromagnetic hypersensitivity. Electromagn Biol Med. 2013 Sep;32(3):281-90.

Vangelova K, Deyanov C, Israel M., 2006. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation. Int J Hyg Environ Health. 2006 Mar;209(2):133-8.

Vecchio F, Babiloni C, Ferreri F, Buffo P, Cibelli G, Curcio G, van Dijkman S, Melgari JM, Giambattistelli F, Rossini PM. 2010. Mobile phone emission modulates inter-hemispheric functional coupling of EEG alpha rhythms in elderly compared to young subjects. Clin Neurophysiol. 2010 Feb;121(2):163-71.

Vecchio F, Babiloni C, Ferreri F, Curcio G, Fini R, Del Percio C, Rossini PM. 2007. Mobile phone emission modulates interhemispheric functional coupling of EEG alpha rhythms. Eur J Neurosci. 2007 Mar;25(6):1908-13.

WHO. 2011. Multiple Chemical Sensitivity (MCS) and Electrohypersensitivity (EHS), Summary of meeting at the WHO headquarters Geneva, May 13, 2011

Xu S, Ning W, Xu Z, Zhou S, Chiang H, Luo J. 2006. Chronic exposure to GSM 1800-MHz microwaves reduces excitatory synaptic activity in cultured hippocampal neurons. Neurosci Lett. 2006 May 8;398(3):253-7.

Referencemateriale for kapitel 9 - WiFi:

Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P, Elgun S, Bugdayci G. 2013. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. J Pediatr Urol. 2013 Apr;9(2):223-9

Avendaño C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF. 2012. Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. Fertil Steril. 2012 Jan;97(1):39-45

Avendaño, C., Mata, A., Juarez Villanueva, A.M., Martínez, V.S., Sanchez Sarmiento, C.A., 2010. Laptop expositions affect motility and induce DNA fragmentation in human spermatozoa in vitro by a non-thermal effect: a preliminary report. Fertility & Sterility: September 2010 Volume 94, Issue 4, Supplement, Page S73

Aynali G, Nazıroğlu M, Çelik Ö, Doğan M, Yarıktaş M, Yasan H. 2013. Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2013 May;270(5):1695-700.

Gumral N, Naziroglu M, Koyu A, Ongel K, Celik O, Saygin M, Kahriman M, Caliskan S, Kayan M, Gencel O, Flores-Arce MF. 2009. Effects of selenium and L-carnitine on oxidative stress in blood of rat induced by 2.45-GHz radiation from wireless devices. Biol Trace Elem Res. 2009 Dec;132(1-3):153-63.

Maganioti A. E., Papageorgiou C. C., Hountala C. D., Kyprianou M. A., Rabavilas A. D., Papadimitriou G. N., Capsalis C. N. 2010. Wi-Fi electromagnetic fields exert gender related alterations on EEG. 6th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic fields.

Margaritis LH, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, Georgiou E, Giannakopoulou O, Kollia I, Kontogianni G, Kourouzidou A, Myari A, Roumelioti F, Skouroliakou A, Sykioti V, Varda G, Xenos K, Ziomas K. 2014. Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources. Electromagn Biol Med. 2014 Sep;33(3):165-89.

Naziroğlu M, Gümral N. 2009. Modulator effects of L-carnitine and selenium on wireless devices (2.45 GHz)-induced oxidative stress and electroencephalography records in brain of rat. Int J Radiat Biol. 2009 Aug;85(8):680-9.

Nazıroğlu M, Ciğ B, Doğan S, Uğuz AC, Dilek S, Faouzi D. 2012. 2.45-Gz wireless devices induce oxidative stress and proliferation through cytosolic Ca^{2+} influx in human leukemia cancer cells. Int J Radiat Biol. 2012 Jun;88(6):449-56.

Nazıroğlu M, Çelik Ö, Özgül C, Çiğ B, Doğan S, Bal R, Gümral N, Rodríguez AB, Pariente JA. 2012. Melatonin modulates wireless (2.45 GHz)-induced oxidative injury through TRPM2 and voltage gated Ca(2+) channels in brain and dorsal root ganglion in rat. Physiol Behav. 2012 Feb 1;105(3):683-92.

Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BR, Salford LG. 2009. Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. Pathophysiology. 2009 Aug;16(2-3):103-12.

Oksay T, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümral N, Koşar PA. 2012. Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. Andrologia. 2012 Nov 12 [Epub ahead of print]

Papageorgiou CC, Hountala CD, Maganioti AE, Kyprianou MA, Rabavilas AD, Papadimitriou GN, Capsalis CN., 2011. Effects of wi-fi signals on the p300 component of event-related potentials during an auditory hayling task. J Integr Neurosci. 2011 Jun;10(2):189-202.

Shahin S, Singh VP, Shukla RK, Dhawan A, Gangwar RK, Singh SP, Chaturvedi CM. 2013. 2.45 GHz microwave irradiation-induced oxidative stress affects implantation or pregnancy in mice, Mus musculus. Appl Biochem Biotechnol. 2013 Mar;169(5):1727-51.

Türker Y, Nazıroğlu M, Gümral N, Celik O, Saygın M, Cömlekçi S, Flores-Arce M. 2011. Selenium and L-carnitine reduce oxidative stress in the heart of rat induced by 2.45-GHz radiation from wireless devices. Biol Trace Elem Res. 2011 Dec;143(3):1640-50

Zhao YL, Li YX, Ma HB, Li D, Li HL, Jiang R, Kan GH, Yang ZZ, Huang ZX. 2015. The Screening of Genes Sensitive to Long-Term, Low-Level Microwave Exposure and Bioinformatic Analysis of Potential Correlations to Learning and Memory. Biomed Environ Sci. 2015 Aug;28(8):558-70.

Referencemateriale for kapitel 10 - Grænseværdier

Belyaev IY, Grigoriev YG. 2007. Problems in assessment of risks from exposures to microwaves of mobile communication. Radiats Biol Radioecol. 2007 Nov-Dec;47(6):727-32.

Blank M, 2005. The Precautionary Principle must be guided by EMF research. Electromagn Biol Med. 2006;25(4):203-8.

Blank M, Goodman R. 2004. Comment: a biological guide for electromagnetic safety: the stress response. Bioelectromagnetics. 2004 Dec;25(8):642-6; discussion 647-8.

Blank M, Goodman R. 2011. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. Int J Radiat Biol. 2011 Apr;87(4):409-15.

Blank M, Goodman RM. 2012. Electromagnetic fields and health: DNA-based dosimetry. Electromagn Biol Med. 2012 Dec;31(4):243-9.

Europaparlamentet. 2009. European Parliament resolution of 2 April 2009 on health concerns associated with electromagnetic fields. URL: http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0216+0+DOC+XML+V0//EN

Europarådets Parlamentariske Forsamling, Resolution 1815. URL: http://assembly.coe.int/Mainf.asp?link=/Documents/AdoptedText/ta11/ERES1815.htm#P1_23

Fragopoulou A, Grigoriev Y, Johansson O, Margaritis LH, Morgan L, Richter E, Sage C. 2010. Scientific panel on electromagnetic field health risks: consensus points, recommendations, and rationales.Rev Environ Health. 2010

Oct-Dec;25(4):307-17.

Freiburger Apell, 2002, URL: http://www.igumed.de/apell.html

Gandhi OP, Morgan LL, de Salles AA, Han YY, Herberman RB, Davis DL. 2012. Exposure limits: the underestimation of absorbed cell phone radiation, especially in children. Electromagn Biol Med. 2012 Mar;31(1):34-51

Hardell, Lennart., Sage, Cindy. 2008. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomedicine & Pharmacotherapy 62 (2008) 104-109

Helsinki Appeal 2005 www.emrpolicy.org/news/headlines/helsinki_appeal_05.pdf

ICEMS, 2006. Beneveto Resolutionen. URL: http://www.icems.eu/benevento_resolution.htm

ICEMS, 2011. Porto Alegre Resolutionen. URL: www.icems.eu/docs/resolutions/Porto_Alegre_Resolution.pdf

ICNIRP. 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionising Radiation Protection. Health Physics 74, 494-522.

Khalatbari, S., Sardari, D., Mirzaee, A.,A., Sadafi, H., A., 2006. Calculating SAR in Two Models of the Human Head Exposed to Mobile Phones Radiations at 900 and 1800MHz. Progress In Electromagnetics Research Symposium 2006, Cambridge, USA, March 26-29, p104-109

Kositsky, N. N., et al., (2001), "Influence of high-frequency electromagnetic radiation at non-thermal intensities on the human body." No Place To Hide – Newsletter of the Cellular Phone Taskforce, Volume 3, Number 1, Supplement.

Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL. 2013. Evaluation of specific absorption rate as a dosimetric quantity for electromagnetic fields bioeffects. PLoS One. 2013 Jun 4;8(6):e62663

RNCNIRP. 2011. Electromagnetic fields from Mobile Phones: Health Effect on Children and Teenagers.

SBM2008: http://www.baubiologie.de/downloads/standard2008.pdf | http://www.baubiologie.de/downloads/richtwerte-sbm-2008.pdf

Schmid G, Kuster N., 2015. The discrepancy between maximum in vitro exposure levels and realistic conservative exposure levels of mobile phones operating at 900/1800 MHz. Bioelectromagnetics. 2015 Feb;36(2):133-48.

Venedigresolutionen, 2008. The Venice Resolution Initiated by the International Commission for Electromagnetic Safety, June 6, 2008. URL: http://www.icems.eu/resolution.htm

Referencemateriale for kapitel 11 - Den usunde Sundhedsstyrelse

EEA, 2007, Radiation risk from everyday devices assessed. European Environment Agency. URL: http://www.eea.europa.eu/highlights/radiation-risk-from-everyday-devices-assessed

EEA, 2009, 'Statement on Mobile Phones for Conference on Cell Phones and Health: Science and Public Policy Questions, Washington', 15 September 2009, European Environment Agency.

EEA, 2011a, Statement on Mobile Phones and the Potential Head cancer risk for the EMF Hearing on EMF, Council of Europe, Paris, 25 February 2011 by Professor Jacqueline McGlade, Director, European Environment Agency, and David Gee, Senior Adviser,Science, Policy and Emerging issues.

EEA, 2011b, 'Non thermal effects and mechanisms of interaction between EMF and living matter: a selected Summary' of ICEMS. Red: Guiliani, L. and Soffritti, M. I: Ramazzini Institute, European J. of Oncology, Library, (5) 2010. David Gee, EEA, 18 February 2011.

FT. 2013a. Spørgsmål 565 fra Folketingets Sundheds- og Forebyggelsesudvalg til Sundhedsministeren. URL: http://www.ft.dk/samling/20121/almdel/suu/spm/565/index.htm

FT. 2013b. Spørgsmål 567 fra Folketingets Sundheds- og Forebyggelsesudvalg til Sundhedsministeren. URL: http://www.ft.dk/samling/20121/almdel/suu/spm/567/index.htm

FT. 2013c. Spørgsmål 566 fra Folketingets Sundheds- og Forebyggelsesudvalg til Sundhedsministeren. URL: http://www.ft.dk/samling/20121/almdel/suu/spm/566/index.htm

Frei, Patrizia, Poulsen, Aslak H., Johansen, Christoffer, Olsen, Jørgen H., Steding-Jessen, Marianne, Schüz, Joachim. 2011. Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. BMJ 2011;343:d6387

Glaser, Margaret Meade 2011. Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. BMJ 2011;343:d6387 URL: http://www.bmj.com/rapid-response/2012/01/20/re-use-mobile-phones-and-risk-brain-tumours-update-danish-cohort-study

Gøtzsche, P.C. 2013. Deadly medicines and organised crime: How big pharma has corrupted health care. London: Radcliffe Publishing

Huss, Anke, et al., 2007. Source of Funding and Results of Studies of Health Effects of Mobile Phone Use: Systematic Review of Experimental Studies. Environ Health Perspect. 2007 January; 115(1): 1–4.

Ledford, Brandon (01.11.2010). "Cell phones, electromagnetic radiation, and cancer: a study of author affiliation, funding, bias, and results". The Review of policy research (1541-132X), 27 (6), p. 838.

Morgan, L. Lloyd. 2009. Cellphones and Brain Tumors - 15 Reasons for Concern: Science, Spin and the Truth Behind Interphone, p34:

Nyvold, Mads. 2007. Miljøagentur raser: Sundhedsstyrelsen er perfid. URL: http://ing.dk/artikel/miljoagentur-raser-sundhedsstyrelsen-er-perfid-82068

Seung-Kwon Myung et al. 2009. Mobile Phone Use and Risk of Tumors: A Meta-Analysis. ., Journal of Clinical Oncology,November 20, 2009 vol. 27 no. 33 5565-5572

Sundhedsstyrelsen. 2013a. Udsættelse for radiofrekvente elektromagnetiske felter (REMF), Sundhedsstyrelsen, 1. marts 2013

Söderqvist F, Carlberg M, Hardell L. 2012. Review of four publications on the Danish cohort study on mobile phone subscribers and risk of brain tumors. Rev Environ Health. 2012;27(1):51-8.

WHO IARC Monograph Working Group. 2011. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. Lancet Oncol. 2011 Jul;12(7):624-6.

Referencemateriale for kapitel 12: Smartmeterproblemet

AAEM, 2013. Smart Meter Case Series. URL: http://aaemonline.org/docs/SMCS.pdf

Hirsch, Daniel, (2011), "Comments on the Draft Report by the California Council on Science and Technology: Health Impacts of Radio Frequency from Smart Meters"",
http://www.committeetobridgethegap.org/pdf/110212_RFrad_comments.pdf

Referencemateriale for kapitel 13 - Integritet, validitet og reliabilitet

EEA, 2011, Statement on Mobile Phones and the Potential Head cancer risk for the EMF Hearing on EMF, Council of Europe, Paris, 25 February 2011 by Professor Jacqueline McGlade, Director, European Environment Agency, and David Gee, Senior Adviser,Science, Policy and Emerging issues.

Glaser, Margaret Meade 2011. Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. BMJ 2011;343:d6387

Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Müntener K, Röösli M. 2007. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. Environ Health Perspect. 2007 Jan;115(1):1-4.

IARC, 2011. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol 102. Non-ionizing radiation, part II: radiofrequency electromagnetic fields". International Agency for Research on Cancer, Lyon, Frankrig

Ledford, Brandon. 2010. Cell Phones, Electromagnetic Radiation, and Cancer: A Study of Author Affiliation, Funding, Bias, and Results.

Morgan, L. Lloyd. 2009. Cellphones and Brain Tumors - 15 Reasons for Concern: Science, Spin and the Truth Behind Interphone.

Seung-Kwon Myung et al. 2009. Mobile Phone Use and Risk of Tumors: A Meta-Analysis. ., Journal of Clinical Oncology,November 20, 2009 vol. 27 no. 33 5565-5572

Söderqvist F1, Carlberg M, Hardell L. 2012. Review of four publications on the Danish cohort study on mobile

phone subscribers and risk of brain tumors. Reviews of Environmental Health. 2012;27(1):51-8.

UN. 1992. Report Of The United Nations Conference On Environment And Development. (Rio de Janeiro, 3-14 June 1992)

Referencemateriale for Konklusion og Anbefalinger:

CFC underwriting. 2015. Insurance for Architects and Engineers, Prosurance A&E Policy Document. CFC A&E CAN v1.7

Ezri, D., Shilo, S., 2009. Green Cellular: Optimizing the cellular network for minimal emission from mobile stations. IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems, 2009. COMCAS 2009. pp. 1-5.

Lloyd's. 2010. Electromagnetic Fields from mobile phones: Recent developments. Lloyd's emerging risks team report.

Noble, Sharon. 2015. Lloyd's of London excludes coverage for RF/EMR claims. Citizens for safe technology. URL: http://www.citizensforsafetechnology.org/Lloyds-of-London-excludes-coverage-for-RFEMR-claims,2,4168

Roda, Claudia; Perry, Susan. 2014. Mobile phone infrastructure regulation in Europe: Scientific challenges and human rights protection. Environmental Science & Policy, Volume 37, March 2014, Pages 204–214